

152

LES

**Explorations et les Voyages
DES FOURMIS**

AUTRES OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

- Le Sahara tunisien.** Etude géographique. *Bulletin de la Société de Géographie de Paris*, 1896. Explorations du Sahara tunisien de 1891 à 1894, avec une carte de reconnaissance au 1/800000°.
- La faune et la chasse au Sahara tunisien.** *Bulletin de la Société de Géographie d'Alger*, 1902, avec une carte.
- Un des aspects de l'illusion du joueur d'échecs.** Paris, Delaire, 1907, 1 vol. in-12 avec une planche.
- Trajets de fourmis et retours au nid.** *Institut G. psychologique*, 1 vol. in-8° avec 33 dessins, 1910.
- Album faisant suite aux Trajets de fourmis.** *Institut G. psychologique*, 1910. Texte et 89 dessins.
- Le sentiment topographique chez les fourmis.** *Revue des Idées*, décembre 1909.
- Une règle de constance dans les trajets lointains de la fourmi exploratrice.** *Revue des Idées*, décembre 1910.
- Les araignées myrmécophages et leurs divers procédés de capture.** *Revue des Idées*, février 1911.
- Le danger des expériences négatives en biologie.** *Revue des Idées*, avril 1911.
- L'œil-boussole de la fourmi, d'après Santschi.** *Revue des Idées*, octobre 1911.
- La conservation de l'orientation chez la fourmi.** *Revue suisse de Zoologie*, juin 1911.
- Observations sur le sens de la direction chez l'homme.** *Revue des Idées*, juillet 1909.
- Transports de fourmis d'un milieu dans un autre.** *Bull. Soc. Hist. Nat. de l'Afrique du Nord*, novembre 1913.

Bibliothèque de Culture générale.

V. CORNETZ

LES

Explorations et les Voyages DES FOURMIS

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE 83 FIGURES



PARIS
ERNEST FLAMMARION, ÉDITEUR
26, RUE RACINE, 26

1914

Droits de traduction, d'adaptation et de reproduction réservés
pour tous les pays.

A GEORGES BOHN

en affectueux hommage.

V. CORNETZ.

Droits de traduction et de reproduction réservés
pour tous les pays.

Copyright, 1914,
by ERNEST FLAMMARION

PRÉFACE

Observer les explorations et les voyages des fourmis, à quoi cela peut-il bien servir? Quel en est le but pratique, en plus de l'intérêt scientifique pur? — Certes, je ne proposerai à personne d'employer son temps à suivre des fourmis autrement qu'au cours des vacances. Cependant, les heures passées ainsi ne seront point perdues et je vais tâcher de faire ressortir l'utilité indirecte de cette étude.

Si on laisse tomber quelques miettes de pain loin d'un nid de fourmis, une fourmi s'en empare et entraîne cette provende vers la région du gîte. De suite on interprète et on imagine; on pense que cette fourmi est reconduite vers le gîte par la trace de son « aller au loin », ou bien qu'elle revient au moyen d'une connaissance, d'une représentation visuelle, olfactive ou tactile des environs. On est porté à penser ainsi parce que c'est une tendance habituelle de l'esprit humain de conclure de l'homme à la fourmi, tendance bien naturelle du reste. Mais si la même personne, qui observe, fait à dessein varier les conditions de l'expérience, elle s'apercevra qu'elle a imaginé à faux. Elle se rendra compte qu'il faut observer d'abord et ensuite seulement imaginer le

processus qui rend compte de l'enchaînement des phénomènes de la façon la plus probable. C'est là un excellent exercice intellectuel, un premier gain pour l'esprit et pour sa méthode de penser.

Autre chose maintenant. L'observateur s'apercevra bien vite que l'observation d'une partie seulement du trajet de la fourmi donne un document insuffisant et qu'il faut avoir la forme entière de toute l'exploration faite par cette fourmi pour pouvoir apprendre quelque chose en comparant ce document à d'autres du même genre. D'où la nécessité de relever par le dessin chaque exploration observée et d'en faire une collection, procédé qui constitue ma méthode personnelle. Notre observateur prendra donc du papier quadrillé, il y figurera grossièrement les environs du nid avec quelques points de repère, puis il indiquera, sur le sol poussiéreux, approximativement, le trajet de l'insecte au moyen d'un roseau pointu, à bonne distance derrière la fourmi en marche, etc... etc... Or, s'exercer à représenter ainsi une suite de mouvements par le dessin, c'est là une chose utile pour bien des gens, par exemple : l'étudiant en sciences, l'instituteur, etc... — Mais il y a mieux encore. L'observateur qui aura étudié les trajets des fourmis ne fût-ce que pendant quelques jours de vacances verra que la fourmi se meut dans ses explorations au loin d'après certaines routines. Qui dit routine dit automatisme. Comme l'a si bien exprimé A. Forel, l'insecte agit pour une très grande part automatiquement, et pour une très petite part seulement plastiquement (actes d'adaptation, intelligence) (1). Ayant beaucoup observé certaines rou-

(1) A. Forel, *Sensations des Insectes*, Rivista di Scienze Biologiche, Come, 1900, p. 69. « Chez l'insecte, les automatismes

tines chez la fourmi, on peut prévoir dans certaines conditions et dans une certaine mesure la forme approximative future d'une exploration commencée.

Les hommes ressemblent aux fourmis en un point capital : la routine. Je ne dis pas l'esprit de routine, car pour moi il n'y a justement plus d'esprit dans les actes de routine. Chez tous les êtres vivants, du moment qu'un acte s'est plusieurs fois répété semblable, il y aura de grandes chances que cet acte se répètera identique dans l'avenir. Les chances pour la répétition seront d'autant plus grandes que l'être sera plus bas dans l'échelle, parce que son système nerveux est alors d'autant moins riche en combinaisons possibles. « Du bas en haut de l'échelle animale, l'automatisme finit par dévorer en quelque sorte une grande partie de l'activité animale », dit G. Bohn.

Les hommes ont une foule de routines, « l'homme est tout bourré d'automatismes », note A. Forel ; et déjà Lamarck avait dit : « Chez l'homme même on voit naître un penchant à répéter toute action devenue habituelle ». A ces constatations d'auteurs célèbres je me permettrai d'ajouter que la plus grande partie de ce qui constitue les mœurs, ainsi que les lois humaines qui sont l'expression des mœurs, ce sont des routines, éminemment utiles du reste pendant un temps : ce sont des automatismes.

Alors que chez l'insecte les routines sont des automatismes hérités, elles sont en outre, pour la plupart des hommes, le résultat de l'éducation et du

hérités jouent de beaucoup le rôle prépondérant ». Plus haut l'auteur dit : « On remarque les petits jets de jugement plastique, de combinaisons excessivement bornées ».

genre de vie. En possession de routines utiles, la très grande majorité des hommes s'en tient à leur usage par inertie. Ces hommes craignent la fatigue des méninges de par leur nature, comme de par sa nature Panurge craignait les coups. Pour une minorité, par contre, dont les éléments nerveux sont moins inertes, un grand exercice des méninges constitue leur vie normale. — De plus, bien des gens qui seraient fort capables, lors du changement des conditions de leur milieu, d'abandonner des routines en train de vieillir et de s'adapter au mieux, n'en ont jamais l'occasion, car le plus souvent rien ne paraît changer dans leur entourage immédiat au cours de leur vie monotone.

D'avoir étudié de près une routine chez les insectes, occupation qui aura développé l'esprit d'observation, cela amènera l'observateur à remarquer et à étudier les nombreuses routines humaines et à savoir ensuite en démonter plus ou moins bien les rouages par l'analyse.

INTRODUCTION

§ 1. — Historique et documentation.

Le but principal de ce petit livre est d'étudier une certaine partie de la vie de quelques espèces de fourmis, c'est-à-dire les manières d'agir des fourmis ouvrières hors du logis et loin du logis. Dans cette vie hors du logis, le fait le plus fréquent, le plus intéressant et le plus important, c'est la course au loin que fait une fourmi partie seule à la découverte d'une provende, fourmi que j'appelle « isolée exploratrice » ou « chercheuse ». Je ne suis naturellement point arrivé d'emblée à comprendre l'importance de ce phénomène. Il est donc nécessaire pour l'intelligence de ce livre de relater d'abord comment j'ai été amené à prendre comme objet principal de mes études les trajets des fourmis partant isolément au loin.

Au cours d'une villégiature au village d'Ain Taya (Algérie), en 1909, je venais de lire l'état de la question du retour de la fourmi au nid dans le beau livre de G. Bohn, *la Naissance de l'intelligence*, p. 241 et p. 77. Je constatais que les faits précis touchant l'individu considéré seul étaient bien rares. H. Piéron (1904), transportant une fourmi déjà en marche vers le gîte, constatait que l'insecte posé autre part

marchait comme auparavant sur une longueur approximativement la même que celle qu'il aurait eu à faire pour aller au gîte. Il en avait conclu, à mon avis hâtivement, à une mémoire musculaire, mémoire des divers mouvements effectués pour aller d'un point à un autre, mémoire réversible, et permettant ainsi le retour au lieu d'origine (1).

« Turner voit fréquemment les fourmis au retour errer dans toutes les directions à deux pas du nid », dit plus loin G. Bohn. Or les fourmis revenant au moyen de pistes odorantes tels que « chemins de fourmis », sentes, etc... sont toujours reconduites droit au trou, ce qui fait que le curieux phénomène relaté par Turner m'avait beaucoup frappé. D'autre part G. Bohn écrit : « Turner admet que le retour au nid de la fourmi est un acte fort compliqué où interviennent les stimulants olfactifs, tactiles, mécaniques, visuels, etc... » Cette opinion, qui est commune et très répandue dans le monde savant n'est pas celle à laquelle tout ce que j'ai vu m'a conduit. On verra en effet que le retour en région lointaine est toujours très simple dans sa forme ; c'est l'ensemble des actes pour la recherche de l'orifice du gîte, quand l'insecte en arrive à proximité, dont la forme est souvent si compliquée (tournoiement de Turner). Chez la fourmi il se passe le contraire de ce qui arrive à l'homme, lequel, généralement, se reconnaît et se dirige d'autant mieux qu'il est plus près de chez lui.

Je suis donc parti des deux faits susdits, l'un de Piéron, l'autre de Turner, faits provenant des auteurs les plus modernes. A part cela, mes travaux constituent un tout original et personnel. Les citations d'autres auteurs que le lecteur lira ça et là dans mon texte n'ont été relevées par moi qu'après mes observations de 1909. Je tenais à me faire une opinion

(1) H. Piéron, *Du rôle du sens musculaire dans l'orientation des fourmis.* Bull. de l'Inst. G. Psych. Paris, 1904, p. 185

personnelle. Au début, je ne pensais pas que par l'étude préalable et par l'analyse des deux faits cités j'arriverais plus tard à des résultats d'ordre général et je ne m'attendais point à ce que le problème du retour au nid de la fourmi pût être ramené, du fait de mes observations, à un problème de « l'aller au loin » et en particulier à un problème du « début de l'aller. »

Espèces.

En 1909, j'ai étudié particulièrement les trajets des *Messor* des diverses variétés (*Barbarus, sancta*), ceux des *Tapinoma err. nig.* et des *Aphoenogaster testaceopilosa*. En 1910 j'ai suivi beaucoup les intéressantes *Myrmecocystus cataglyphis bicolor* (grande fourmi coureuse à tête rouge dite « gendarme » chez les paysans); entre temps j'ai repris les *Messor* puis les fourmis minuscules *Pheidole pallidula* et *Tetramorium cæspitum punicum*. En 1911, en Kabylie, j'ai répété mes observations avec *Messor mediorubra* et divers grands *Camponotides* des bois et forêts.

M. le Dr Santschi (Kairouan), le spécialiste bien connu, a bien voulu me renseigner pour la détermination des espèces, ce dont je lui suis très reconnaissant.

§ 2. — Emplacements et habitations.

Tâcher de comprendre les trajets de fourmis en région montagneuse et accidentée, c'est-à-dire sur une suite de plans diversement inclinés par rapport les uns aux autres, c'est réellement lire un livre de géométrie en commençant par la fin. On doit toujours partir du plus simple. Tout ce qui suit, jusqu'au § 9 inclus, a trait à de grands emplacements plans, tels que places peu fréquentées aux abords d'un village, places plus ou moins her-

beuses à l'ombre d'arbres plus ou moins clairsemés, plateaux herbeux, clairières de forêts, sous-bois, terrasses cimentées, etc..... Pour la même raison, j'ai toujours choisi des établissements de petites tribus, autant que possible à un seul orifice et sans colonies. Les habitations de mes espèces sont souterraines, sans dôme extérieur avec chambres de chauffe pour les larves, le sol même étant très généralement chaud et sec dans le nord de l'Afrique. A un orifice on voit : 1) les routes permanentes *visibles*, fréquentées ou abandonnées, 2) les trajets collectifs *temporaires* tels que chemins de fourmis, cordons, files ou chaînes; les insectes y marchent ensemble et près les uns des autres, 3) les trajets collectifs que je nomme « *terrains de parcours* », larges bandes de terrain à trajets individuels très séparés latéralement, mais de même direction, 4) les départs de fourmis allant isolément au loin ou « *exploratrices* »; ce sont plutôt de grandes et de moyennes ouvrières, 5) de courtes sorties lentes qui ne paraissent point être des voyages à la découverte d'une provende et dont les motifs me restent inconnus, et enfin 6) les *déblayeuses*. Ces dernières portent des mottes de terre ou des déblais auprès du trou, mais elles vont plus loin pour déposer en bordure des déblais les débris alimentaires; elles observent la même routine, si l'orifice du gîte se trouve sur un plan très incliné ou vertical; Elles ne savent pas alors lâcher l'objet au bord du trou; cependant elles le portent du côté du bas plutôt que d'un autre. Wasmann a vu par contre des *Formica* et des *pratensis* laisser tomber du sucre intentionnellement vers un nid inférieur (1). Au cours de quelques observations de *Messor* moissonnant je n'ai pas vu cette fourmi chercher à couper la tige sous l'épi (2). Elle sectionnait l'alvéole de chaque

(1) Wasmann, *Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen*, éd. de 1909, p. 140 et 141.

(2) Mais Duceillier l'a constaté dans son étude sur les dégâts

grain à sa base après avoir palpé le grain. Quelquefois le grain tombe, reste longtemps sur le sol et d'autres *Messor* passent à côté, mais la moissonneuse emporte quand même, imperturbablement, l'alvéole yide qu'elle a détachée.

Vie au dehors. — Toutes mes espèces vivent beaucoup au dehors à part deux. *Myrmecocystus*, haut perché sur ses longues pattes, ne craint pas les plus fortes chaleurs du sol et voyage au soleil en plein midi. La position du soleil, très haut en été sous les basses latitudes, ne peut lui être dans ce cas d'aucun secours pour maintenir une même direction. Il faut malgré cela beaucoup d'éclairement ou de chaleur (?) à cette espèce. Les nids restent souvent fermés toute la journée par des jours brumeux et sombres. *Tetramorium c. p.* m'a paru avoir peu l'habitude des voyages hors de terre; cette fourmi estime souvent mal les distances (fig. 12), mais conserve fort bien les directions, à l'ombre ou au soleil. Chez les *Messor* le nombre des individus travaillant au dehors, après la découverte d'un champ de blé, est peu élevé, — 1.000 à 1.200 — si on le compare à celui des fourmis restant dans la grande et profonde cité souterraine, — 5.000 à 8.000.

§ 3. — Les sens : vue, odorat, tact et ouïe.

On verra par mon expérience fondamentale n° 1, p. 31, que les images visuelles, olfactives, tactiles et auditives ne jouent aucun rôle en ce qui touche la prise de l'orientation et son maintien lors du retour au nid tant que la fourmi revenant isolément d'une exploration n'est pas arrivée à proximité du gîte. Je

causés par les fourmis moissonneuses en Algérie. *Revue des colons de l'Afrique du Nord*, 1912.

puis donc être très bref sur ce sujet et je me contenterai ici de donner quelques observations personnelles ou des renseignements récents (ouïe).

Vue et sensibilité par rapport à la lumière.

— Une fourmi *Messor barbarus* à laquelle une graine ronde et lisse qu'elle transporte échappe fréquemment se manifeste toujours incapable de voir l'objet, qui n'a roulé qu'à trois ou quatre millimètres. En effet, cette fourmi ne retrouve la provende qu'en tournoyant, en tâtonnant, et seulement par le contact des antennes. Elle ne va pas directement à l'objet et quelquefois elle ne le retrouve pas. — Une fourmi *Aphaenogaster testaceopilosa* pousse devant elle une bribe de biscuit. On voit une congénère du même nid arriver en sens inverse, saisir l'objet, sentir une résistance, donner une secousse et faire ainsi lâcher prise à la première fourmi. Celle-ci tourne agitée sur le sol mais ne paraît pas percevoir sa congénère ni par la vue ni par l'odeur car elle ne la poursuit pas, alors que la ravissante s'en allant très tranquillement n'est encore qu'à quelques millimètres de la première fourmi. — Lorsque l'on fait constater les très nombreux faits de ce genre à un spectateur, on l'entend s'écrier tout étonné : « Mais ces fourmis sont aveugles ! Elles ont des yeux cependant ! » Notre spectateur est choqué, déconcerté, parce que de tels faits vont à l'encontre des bonnes vieilles Harmonies de la Nature qu'il pense a priori devoir exister. Du moment que les fourmis ouvrières ont quelque chose qui ressemble à des yeux, ce ne peut être que pour y voir ! Ainsi pensait Moquin-Tandon, par rapport aux escargots dont Yung a démontré que leurs yeux ne leur sont visuellement daucun usage (1).

Mais continuons à nous faire une opinion à poste-

(1) Yung, *Insensibilité à la lumière et cécité de l'escargot*. Arch. de Psychologie, novembre 1912, Genève.

riori. Toutes les fourmis de mes espèces, sauf *Myrmecocystus*, ne voient pas les objets de leur taille ni les détails des environs de leur corps. Elles n'ont pas de vue distincte et elles nous rappellent ces pauvres gens pas encore tout à fait aveugles mais qui ne perçoivent plus que les grandes et fortes différences d'éclaircissement. A quoi cela peut-il servir à ces fourmis de percevoir de grandes ombres lorsqu'elles se produisent brusquement, et de grands corps verticaux sombres lorsqu'ils sont en mouvement? Il n'est d'aucune utilité pour une fourmi de pouvoir être perturbée par l'ombre brusque de mon pied, car elle ne peut éviter l'écrasement comme elle l'aurait fait au moyen des ailes au temps jadis, avant la spécialisation des fourmis en ouvrières aptères.

Lorsqu'une fourmi exploratrice de n'importe laquelle de mes espèces revient bien dirigée vers la région du gîte sur un terrain que je balaie profondément au devant d'elle, je n'ai jamais vu cette fourmi changer sa bonne direction quand elle passe d'une plage d'ombre sur une plage ensoleillée, à température normale du sol, ou vice-versa. — Mais ne confondons pas une plage d'ombre, ombre portée par les objets immobiles, avec un espace sombre. Plaçant sur le sol bien au devant de ma susdite fourmi un grand plateau immobile à un centimètre du sol, puis bien au-dessus mon grand parasol, je vois la fourmi des espèces *Messor*, qui répugne en général à s'engager sous les objets, s'arrêter à son arrivée sous le plateau, longer cet espace sombre, le tourner, puis reprendre sa direction ancienne sur la plage d'ombre portée par mon parasol. Cette dernière ombre portée est une diminution d'éclaircissement très habituelle lors de la vie au dehors, mais l'espace sombre qui équivaut quasi à la nuit est une chose inhabituelle hors du nid et perturbe ma fourmi *Messor*. Une fourmi *Tapinoma*, par contre, bien plus aveugle qu'une fourmi *Messor*, n'est pas perturbée

dans le même cas et je la vois ressortir sans perte de temps de l'autre côté de l'ombre de mon plateau. Je rappelle que c'est sur terrain balayé, détail important ici, car la fourmi *Tapinoma* est très odorante et le balayage fournit le critérium pour reconnaître l'exploratrice (1).

La vue indistincte de la fourmi *Messor* lui a donc servi à être perturbée ! Elle n'est pas servie par sa vue dans de tels cas, mais bien desservie ! — Voici encore un exemple touchant l'inutilité des yeux. Toutes les fourmis de mes espèces, étant très basses sur pattes, craignent la chaleur du sol au delà de 30 degrés à la surface. *Myrmecocystus*, fourmi très haute sur pattes, court impunément au soleil aux heures chaudes. En été, je pose les susdites fourmis sur un terrain sombre, au soleil, et la température de la surface étant de 40 à 42 degrés, mais je les pose à vingt centimètres d'une plage d'ombre. Dans un cas analogue des *Lasius* venaient vers le grand corps sombre vertical de l'observateur (Forel). Pour mes espèces, je n'ai même pas besoin d'éloigner mon corps. Toutes mes fourmis tournoient après leur dépôt au soleil et je n'en trouve pas davantage qui ont la chance de sauver leur vie en aboutissant sur la plage d'ombre que d'autres malchanceuses restées au soleil et qui y meurent toutes au bout de deux ou trois minutes au plus. Il est facile de comprendre pourquoi ces fourmis ne peuvent se diriger vers une grande tache sombre horizontale. Les insectes ailés qui planent et qui ont une vue distincte (Forel, Ferton, Bouvier) verront une plage d'ombre à distance, mais les yeux de mes fourmis basses sur pattes ne sont qu'à un ou deux millimètres du sol. Par conséquent, et pour une raison de perspective, les plages horizontales sombres ou claires ne pourraient apparaître à distance à mes

(1) Je me sers de ce terme pour n'avoir pas besoin de toujours répéter : « Une fourmi aperçue seule et ne suivant pas une sente où d'autres l'ont précédée ».

fourmis que sous la forme d'une fine ligne horizontale sombre ou claire, beaucoup trop mince pour être vue.

Quant à la fourmi supérieure *Myrmecocystus* elle a une vue distincte. Ses gros yeux et peut-être aussi ses trois yeux simples (ocelles) qu'elle possède à l'encontre des ouvrières de mes autres espèces lui servent à voir ses proies, insectes morts ou blessés, mais pas au delà de cinq à six centimètres et à condition qu'elle ne coure pas trop vite. Lorsqu'un insecte encore assez valide lui échappe et sort d'un périmètre du dit rayon, la fourmi *Myrmecocystus* est incapable de le poursuivre à la vue mais se met à saccader rapidement sur place. On verra plus loin que la fourmi de cette espèce ne revient pas plus au nid par mémoire visuelle que celle de mes autres espèces, tant qu'elle n'est pas arrivée dans la région proche de son gîte.

Mes fourmis voient le soleil (Santschi) ou une source lumineuse intense (bougie de Lubbock), mais ce ne sont là que des suppléments d'information dont elles se passent fort bien à l'ombre, sans éclairement direct. On verra que les voyages des exploratrices à l'ombre présentent la même forme générale que ceux faits au soleil. Je reviendrai sur cette question au § 7. On ne peut dire que leurs yeux leur servent à **voir** le soleil, attendu que les fourmis peuvent vivre toute leur existence dans la lumière diffuse d'un sous-bois sans avoir aucun besoin de voir un centre lumineux.

A part chez *Myrmecocystus*, je ne vois donc pas d'utilité aux yeux de mes fourmis **en tant que vision**.

Mais les fourmis sont sensibles à la lumière, et aussi à la lumière ultra-violette (Lubbock, Forel). Rien que le fait que toutes rentrent chez elles la nuit l'indique. En été, par des journées très nuageuses et brumeuses mais chaudes, mes fourmis sont bien moins vives que par les journées claires. Il est vrai que la différence d'humidité et d'électricité de l'air peut y être pour quelque chose. La

lumière diffuse ou directe est certainement un stimulant, un adjuvant. Les rétinules de l'œil à facettes constituent autant d'entrées pour l'énergie lumineuse. Cette dernière détermine probablement un processus chimico-nerveux de sensibilisation et le mot de Fabre que la lumière sert de nourriture à certains insectes n'est pas une mauvaise image.

Odorat. — On sait que l'odorat de contact des fourmis est très fin et finement nuancé (Miss Field), mais on a certainement exagéré la portée de l'odorat à distance. Il y a des cas rares d'attraction de la part de grandes masses odorantes ; j'en parlerai p. 156. La limite d'attraction olfactive d'un nid à un seul et large orifice ne va pas, sous le vent, au-delà de 0 m. 90 chez les *Messor* (p. 38). Une *Pheidole*, fourmi qui raffole de fromage, n'est sensibilisée par un morceau de fromage de 1 centimètre cube qu'à 3 ou 4 millimètres et par un cube de fromage de 3 centimètres de côté qu'à 3 ou 4 centimètres.

On connaît la théorie de A. Forel sur l'olfaction à distance (topochimisme à distance) : « L'organe antennaire pourra dresser toute une carte géographique de champs odorants. Notre fourmi sentira des émanations à distance qui prolongeront en l'air sa géographie chimique de l'espace, mais d'une façon plus confuse (1) ». Donc une fourmi à l'aller au loin, passant en un lieu A, percevrait l'odeur allongée d'un brin d'herbe, l'odeur arrondie d'un tas de feuilles sèches, celle si caractéristique de quelques cailloux chauffés par le soleil, etc... Tout cela formerait dans sa mémoire un ensemble de perceptions provenant de divers côtés, d'images à relations topographiques nettes. — Revenant au bout de vingt minutes, par exemple, à hauteur du lieu A, pourra-t-elle identifier

(1) Citation de A. Forel dans l'*Orientation lointaine* de Claparède. Archives de Psychologie, Genève, 1903, p. 157.

ce lieu de par sa carte topochimique à distance précédemment acquise? Cela me paraît tout à fait improbable, pour ne pas dire impossible. En effet, le lieu A peut être maintenant à l'ombre, et la température de la surface du sol ayant changé si peu que ce soit, il en résulte des mouvements divers de l'air; puis, le vent varie de direction et d'intensité et provoque des courants de l'air et de petits tourbillons sur le sol, etc... Les images olfactives, perceptions basées sur le transport de particules odorantes émanant des corps, sont donc très différentes en un même lieu quelques minutes plus tard; il y en aura de nouvelles, il y en aura d'absentes. Une carte topochimique basée sur l'olfaction à distance varierait incessamment, et souvent très considérablement, à cause des mouvements incessants de l'air à la surface du sol (1).

Tact. — C'est très probablement par le tact qu'une fourmi acquiert la connaissance d'un genre de terrain, ainsi que celle de formes habituelles (angle dièdre droit des pieds de murs chez *Pheidole*). Cette connaissance du terrain ne s'acquiert chez les espèces à sensibilisation lente (*Messor*) que très à la longue. **Une telle connaissance du terrain n'est aucunement nécessaire pour le retour**, ainsi que le croyait à tort Lubbock (voir expérience fondamentale, n° 1, p. 31, et fig. 17 à fig. 28).

Ouïe. — Les fourmis font du bruit et le perçoivent (Wheeler, miss Fielde, Santschi). C'est probablement par les pattes qu'elles sont sensibles aux ondes

(1) Lorsqu'on observe une fourmi *Messor* ou *Tapinoma* maintenant bien la direction vers la région du gîte, à l'ombre et sur un terrain balayé au-devant d'elle, on peut diriger de divers côtés des vents légers sur la fourmi au moyen d'un soufflet. Ces courants de l'air, qui brouillent forcément toutes les images olfactives à distance que l'insecte pourrait avoir, ne l'empêchent nullement de conserver la direction.

sonores transmises par les solides. Arrivée à proximité du gîte, l'exploratrice peut percevoir ce que Santschi nomme, la musique du nid, et cela doit l'aider quand elle tournoie pour retrouver l'orifice, étant donné surtout qu'il y a souvent des galeries et des chambres proches de la surface. Je remarque que pour une importante cité de *Messor*, les insectes ne m'ont jamais paru déterminés vers le large orifice au-delà de 0 m. 90 (Fig. 2, p. 37).

§ 4. — Marche de la fourmi.

Les détails de la marche des divers insectes seraient à étudier comme Marey l'a fait pour le vol des oiseaux, Bohn pour les mouvements des étoiles de mer, Jennings pour ceux des infusoires et Fauré-Frémiel pour la manière de se comporter de certains animalcules (1).

Battant de ses antennes, alternativement, le sol des deux côtés de l'axe de son corps, la fourmi oscille sans cesse, qu'elle suive ou non une sente, avec ou sans charge. Ce mouvement rappelle d'une façon frappante celui du bâton de l'aveugle. Très souvent l'oscillation augmentant comme durée devient une sinuosité régulière; **la courbe sinusoïdale, donc la courbe à axe, constitue l'élément de tous les trajets de fourmis.** Je vois là le maintien d'un équilibre et j'imagine qu'il correspond au maintien d'un équilibre dans l'intérieur de l'insecte. La fourmi, aveugle ou très myope, compense ainsi incessamment, et compense remarquablement bien, autant en partant au loin qu'en revenant (2). Je reprendrai ce sujet à la fin du § 7.

(1) Voir G. Bohn, *La Naissance de l'intelligence*, p. 491.

(2) Il faut bien faire la différence entre la sinuosité à axe droit décrite par un animal à la suite d'une variation dans la force d'un centre d'attraction à l'extérieur, par exemple la va-

Quelquefois, chez *Tapinoma*, on voit le sinuement s'exagérer considérablement comme forme et comme rapidité sur une route de fourmis ayant par exemple 3 centimètres de large. Décrivant des ondulations de 1 à 2 centimètres de flèche, sur 3 centimètres de long, l'insecte est quelquefois emporté hors de la route. Ce fait du sinuement exagéré me paraît se produire surtout lorsque le sol est très échauffé par le soleil. D'autre part, la sinusoïde très accusée est la manière constante d'aller de l'avant d'une araignée minuscule du genre *Erythaeus* (1). On voit sur le sol, à l'ombre ou au soleil, comme un petit grain de corail rose d'un millimètre de diamètre se mouvant avec une vitesse folle dans un même sens pendant plusieurs mètres. La courbe décrite est une sinusoïde quasi mathématique dont la flèche mesure environ les deux tiers de la longueur d'ondulation. Cette dernière longueur peut mesurer 3 centimètres d'un point d'infexion sur l'axe au prochain point d'infexion, comme elle peut n'en mesurer qu'un à deux, mais l'insecte va toujours de l'avant par la sinusoïde. Arrivant à un obstacle, cette araignée se meut sur place, toujours avec la même folle rapidité, en décrivant une foule de courbes en forme de huit (lemniscates), puis se tapit brusquement. Sous le microscope, on voit les pattes de l'insecte armées d'un grand nombre de longs poils transparents très droits qui doivent jouer le rôle de ressorts propulseurs. La raison d'être d'une manière aussi curieuse et aussi singulière de se transporter sur le sol doit être très intéressante.

riation d'un éclairement, et la sinuosité que décrit la fourmi. Dans les deux cas, il y a bien maintien d'un équilibre par rapport à la direction d'une force, mais chez la fourmi le stimulant vectoriel, la cause dirigeante, est purement interne et prend naissance au cours du début du voyage au loin. La lecture des paragraphes qui suivent fera comprendre ceci.

(1) Genre *Erythaeus*, famille des Trombidiides, ordre des Acariens. Je dois la détermination à l'obligeance de M. Simon.

Vitesse de la marche et longueur des voyages. — La vitesse de la marche des fourmis dépend en général du degré de la température. Szymanski a fait des observations très précises à propos de l'augmentation de la vitesse pour chaque degré de température avec *Formica rufa* (1). Les chiffres obtenus sont à peu près les mêmes que les coefficients de Van t'Hoff pour l'accélération des réactions chimiques. Ici la fourmi apparaît bien comme une machine chimique. Mais n'oublions pas qu'aux températures normales de 20 à 30 degrés, la fourmi est très capable de ralentir et de s'arrêter lorsqu'un lieu ou une chose l'intéressent. C'est aux températures élevées, lorsque le sol est à plus de 40 degrés, que la fourmi *Myrmecocystus* apparaît comme esclave de sa grande vitesse. Haut perchée sur ses pattes, elle ne craint pas la chaleur du sol, qui tue rapidement toutes les fourmis de mes autres espèces. Alors elle ne s'arrête plus, passe sur des aliments qu'elle prendrait si on les lui donne à l'ombre sur une place plus fraîche, et revient régulièrement bredouille. Dans ses courses rapides, elle peut faire de 8 à 10 mètres à la minute. La plus grande vitesse chez de grandes *Messor* est quatre à cinq fois moindre.

Les exploratrices des espèces *Messor* vont en général jusqu'à 10 et 12 mètres avant de se décider à revenir lorsqu'elles ne trouvent rien. Elles vont parfois jusqu'à 30 et 40 mètres. *Myrmecocystus* va souvent de 20 à 30 mètres, mais je n'en ai pas vu aller au-delà de 70 mètres. *Tapinoma*, la petite fourmi noire commune, va en exploration jusqu'à 50 mètres (fig. 35), mais les exploratrices d'espèces minuscules que j'ai vues, ne sont pas allées au-delà de 8 à 10 mètres dans les cas extrêmes et rares.

(1) Szymanski, *Versuche das Verhaeltniss zwischen modal-verschiedenen Reizen durch Zahlen auszudruecken*. Pfluger's Archiv für die gesammte Physiologie, 1911.

LES EXPLORATIONS

ET

LES VOYAGES DES FOURMIS

CHAPITRE PREMIER

Les explorations de la fourmi allant seule au loin.

§ 1. — **Le problème du retour au nid de la fourmi tel qu'on doit le poser.**

On a souvent étudié les trajets collectifs, les chemins de fourmis (A. Forel, Bethe et d'autres). Or l'idée s'impose qu'un trajet collectif vers un lieu de provende doit avoir un fait naissant, un accident primitif, comme origine. Avant d'étudier et de discuter la façon par laquelle une fourmi revient sur un « chemin de fourmis », il y a lieu de chercher à apprendre d'abord comment elle revient lorsqu'il n'y a pas de « chemin ». Il est facile de se rendre compte que le trajet collectif n'est qu'un phénomène consécutif et complexe ayant pour origine un premier trajet d'une fourmi partie au loin à la découverte et ayant réussi à trouver soit un lieu de provende, soit un endroit propice à l'établissement d'une nouvelle colonie. Il convient donc d'étudier le simple avant le composé. **Comment a pu revenir la toute première fourmi ? Là est la question !**

C'est probablement parce que l'étude des « chemins de fourmis » a fait voir qu'il y avait là des pistes odorantes que tant de personnes se figurent à tort qu'une fourmi partie isolément au loin revient parce que reconduite par la trace de son aller.

C'est donc l'exploration que s'en va faire au loin tout à fait individuellement une fourmi qu'il importe d'apprendre à connaître et c'est, ainsi que je l'ai dit dans l'introduction, p. ix, le but principal de ce petit livre.

Le problème étant ainsi nettement posé, bien des questions intéressantes surgissent, qui ne viendraient pas à l'esprit tant qu'on ne considère que le phénomène des « chemins de fourmis ». Par exemple :

Une fourmi partie seule au loin aurait-elle besoin, comme l'homme, d'une connaissance des environs acquise progressivement pour pouvoir revenir presque directement et rapidement de lieux éloignés de 30 mètres et souvent de beaucoup plus ? — Non, car si on observe un premier trajet d'exploratrice, aussitôt après la réouverture d'un nid, alors que des pluies diluviennes ont totalement transformé le petit monde environnant le gîte ainsi que ses abords même, on voit l'insecte partir rapidement, revenir aisément tant qu'il est en région lointaine, mais employer à peine un peu plus de temps que d'habitude pour la recherche de l'orifice du gîte.

Cette fourmi utilise-t-elle sa trace de l'aller au loin pour son retour, ou fait-elle lors de ce retour une suite de mouvements musculaires, succession d'attitudes qui seraient comme une reproduction cinématographiquement inverse, exacte ou approchée, d'une suite de mouvements faits lors de son aller ? (1). — Non, car elle fait tout autre chose au retour qu'à l'aller. Au cours de cet aller, elle entreprend maintes recherches, par exemple presque

(1) Mémoire musculaire réversible de Piéron.

aériennes dans des herbes, et elle est alors sans charge. Au retour, ses mouvements sont tout différents dans le cas très fréquent où la graine qu'elle pousse ou traîne se coince ça et là. Traversant les mêmes touffes d'herbes, ce qui est un cas rare car elle en passe généralement assez loin au retour, elle ne fait plus du tout avec son objet plus ou moins encombrant le même trajet que celui de son aller.

Exposée à un éclairement direct, par exemple celui du soleil pas trop élevé (Santschi) ou d'une bougie (Lubbock), la fourmi peut utiliser sa vue du centre lumineux. Nous observerons donc à l'ombre, par éclairement diffus, ou dans le milieu du jour, le soleil étant alors très haut en été.

Avant d'en arriver à l'expérience fondamentale n° 1, expérience qui va éclaircir notablement la question du retour, il convient de répéter tout d'abord, fréquemment, une autre expérience bien simple que je qualifierai de préliminaire.

Expérience préliminaire : fourmi découverte au loin et à laquelle on donne une provende. — Voyant une telle fourmi seule à quelques mètres du gîte et qui paraît chercher quelque chose sur le sol, donnons-lui une brie de provende. Que fait l'insecte une fois en possession de cette brie?

Cas général. — La fourmi part sans hésitation en oscillant dans un sens nettement déterminé.

Cas rare. — Elle part en sinuant fortement, mais toujours dans un certain sens.

Cas très rare. — Elle tourne sur elle-même plusieurs fois, hésite, puis part dans un certain sens.

La fourmi ainsi partie dans un certain sens, le maintient et mène l'observateur vers la région du nid, c'est là le cas général, ou bien vers un « chemin » de congénères dont elle s'était détachée (espèce *Tapinoma*, fig. 35 et fig. 36), ou enfin vers un lieu A où faisant un coude elle se dirige vers le nid. Ce dernier cas est assez rare (§ 8).

RÉSUMÉ DU § 1.

Une fourmi qui se trouve seule au loin, à plusieurs mètres du gîte, à l'ombre ou au soleil, et à laquelle on donne une provende n'hésite pas à prendre la direction du retour au gîte dès qu'elle se trouve en possession de l'aliment. Cette fourmi vue isolée n'est donc nullement « perdue » ou « égarée » au moment où on la découvre, mais elle est bien au contraire « capable » d'un retour très net, en général rapide et aisé, et cela en n'importe quel point de son voyage au loin.

Étant donnée la forme de ses mouvements et de ses attitudes après la prise de la provende, l'insecte paraît bien et nettement déterminé. Comment l'est-il? Un tel insecte reprend-il un « chemin » marqué par une trace ou une odeur, où prend-il une pure « direction »? — Dans ce dernier cas, cette direction lui est-elle donnée par une reconnaissance visuelle ou olfactive plus où moins lointaine des environs, par un repérage successif et de proche en proche jusqu'à la région proche du gîte?

§ 2. — Le phénomène du replacement de l'axe du corps chez la fourmi, découverte seule au loin, après qu'elle a été capturée puis déposée en un autre lieu.

Si les observations et les expériences concluantes sont faites à l'ombre, dans un éclairement de lumière diffuse, ou bien dans un sous-bois où la propagation de la lumière se fait quasi perpendiculairement au plan de la marche de la fourmi, ou encore, sous les basses latitudes, au soleil dans le milieu du

jour en été, il y a certitude que la fourmi ne peut utiliser la vue d'un centre lumineux ni celle de la direction de la propagation de la lumière, pour se repérer lors de la reprise d'une direction.

Une fourmi revient seule vers la région de son gîte, avec ou sans provende. Un coup de vent survient et emporte l'insecte latéralement, par exemple à quelques décimètres de là. D'ordinaire, notre fourmi ne se montre aucunement perturbée : elle marche comme avant. On croira que c'est vers le nid que cette fourmi continue à marcher, mais c'est là une illusion, qui provient de ce que l'écartement latéral de quelques décimètres est trop petit pour faire voir que l'insecte ne marche plus vers le nid mais bien parallèlement à l'ancienne direction, ce qui est bien différent. Le fait si simple de cette marche nouvelle après un coup de vent latéral, marche aisée et faite sans hésitations, aurait dû donner à réfléchir aux observateurs de l'ancienne école qui croient encore à une reconnaissance visuelle, tactile ou olfactive du milieu environnant comme détermination lors du retour au nid d'une fourmi voyageant seule.

En 1904, H. Piéron fit une expérience capitale. Il laissa s'engager sur un support plat posé à terre une fourmi revenant vers son nid, puis transporta le tout autre part, « sans que la marche de la fourmi fût troublée », c'est-à-dire sans faire opérer au support une conversion pendant le transport (1). Il observa alors que cette fourmi continue sur le terrain nouveau où on lui laisse reprendre pied, dans la direction qu'elle possédait avant la prise, et cela sur une longueur qui est à peu près la même que celle qu'elle aurait eu encore à faire du lieu de la prise jusqu'au gîte : après quoi l'insecte se met à tournoyer comme s'il cherchait son trou ; ou bien il

(1) H. Piéron, *Du rôle du sens musculaire dans l'orientation des fourmis*. Bull. Inst. Gén. Psychologique, mars-avril 1904, p. 174.

renverse le sens de son mouvement. Tout se passe donc comme si la fourmi était capable d'estimer en un point quelconque de son retour la distance qu'elle a encore à couvrir. Ce fait capital est général ; il enseigne que la marche de la fourmi au retour est une marche aveugle, comme le dit fort bien Piéron.

Cette découverte de Piéron constitue le premier progrès réel dans la question du retour au gîte de la fourmi. De ce qu'un homme revenant chez lui se reconnaît et se retrouve de proche en proche, les auteurs avant Piéron admettaient comme allant de soi qu'une fourmi doit en faire autant.

Mais Piéron a ensuite conclu hâtivement qu'il y aurait chez les fourmis un mode d'orientation consistant en « une mémoire musculaire, la mémoire des divers mouvements effectués pour aller d'un point à un autre, mémoire réversible, et permettant ainsi le retour au lieu d'origine (1) ». Ayant vu sa fourmi transportée marcher par exemple sur 2 mètres, avant de se mettre à errer ça et là, alors qu'elle avait encore à peu près 2 mètres à faire pour aboutir à son gîte avant la prise, Piéron a admis que la fourmi devait accomplir au retour les mêmes mouvements successifs qu'à l'aller, mais en sens inverse. Si cet énoncé de Piéron avait répondu à la réalité des faits, le problème du retour aurait été résolu et je n'aurais pas eu à l'étudier. Mais il n'y répond aucunement. Je répète que pour toutes mes espèces, le trajet du retour de la fourmi exploratrice est toujours une toute autre ligne que la ligne de l'aller et que les suites de mouvements musculaires lors du retour sont complètement différentes de celles de l'aller. Quand bien même une fourmi voudrait reproduire par mémoire musculaire réversible les divers mouvements effectués à l'aller, elle ne le pourrait pas lorsqu'elle pousse ou traîne une lourde provende au

(1) H. Piéron, *ibid.*, p. 183.

retour. Même revenant bredouille, la fourmi ne répète plus tous les mouvements de recherche faits à l'aller.

Après m'être ainsi rendu compte au début de mes études que l'hypothèse d'une mémoire musculaire réversible ne tient pas devant les faits observés, il était clair pour moi que cela n'était rien de son importance à l'expérience de Piéron, bien au contraire. Je sentais qu'il y avait là diverses choses encore cachées à découvrir, et probablement susceptibles d'apparaître en faisant convenablement varier les conditions de l'expérience.

D'abord, il était évident qu'une faculté d'estimation de la distance, faculté grossièrement podométrique ou taximétrique, n'a rien à voir avec l'orientation. Un podomètre n'est pas une boussole. On voit bien l'élément musculaire, enregistrant et totalisant plus ou moins grossièrement de par ses contractions une quantité d'efforts moteurs, procurer ainsi une donnée sensorielle de distance parcourue. On ne le voit pas enregistrant une direction de l'espace.

Ensuite, Piéron n'avait pu réussir son expérience avec l'espèce à courte vue distincte *Formica cinerea*. Cette fourmi voit et sent la prise par le support. On pourrait donc conserver l'opinion erronée des anciens auteurs, laquelle consiste à penser que si les fourmis des genres *Formica* et *Myrmecocystus* s'en vont aisément explorer à de grandes distances, c'est qu'elles se dirigent par la vue lors de leur retour en région lointaine. Or, rien que la contemplation attentive des allures des *Myrmecocystus* me faisait deviner que ces fourmis reconnaissent bien par leur vue des lieux isolés à leur arrivée près de leur trou, mais que tout le long de leur retour en région lointaine, elles coururent lancées, dirigées, sans avoir besoin de la vue des lieux pour maintenir leur bonne direction.

Enfin, il y avait lieu d'imiter le coup de vent, lequel projette la fourmi sur le sol d'une façon quelconque et en troubant sa marche. Il devait alors se passer

quelque chose que Piéron n'avait pu signaler puisqu'il transportait son support « sans que la marche de l'insecte soit troublée. »

Avant d'arriver à l'expérience fondamentale qui tient compte de toutes ces conditions, nous allons reprendre l'expérience de Piéron en la modifiant de façon à imiter le phénomène naturel du coup de vent.

Une grosse fourmi *Messor* porte une graine en marchant du Nord au Sud vers son nid. Nous la prenons délicatement par la pointe de la graine et nous la possons autre part, mais avec la tête vers l'Est. Qu'arrive-t-il **avant** que ne commence la marche nouvelle sur une certaine longueur, c'est-à-dire **avant** le trajet de Piéron? On voit l'insecte replacer **d'abord** sa tête vers le Sud et ne se mettre en marche qu'**ensuite**. De ce fait capital de replacement de l'axe du corps, fait de pure réorientation, fait précédent toute suite nouvelle de mouvements musculaires, Piéron ne dit rien, soit qu'il ait transporté la fourmi presque parallèlement à elle-même, soit que le fait lui ait échappé, l'insecte ayant probablement réorienté l'axe de son corps pendant le transport du support ayant servi de piège. Ce fait essentiel témoigne de la part de la fourmi d'une faculté de réorientation qu'il me paraît impossible d'attribuer à un sens musculaire. En effet l'insecte n'a fait ici aucun effort moteur. La fourmi **ne s'est pas mue** en tournant d'elle-même du Sud vers l'Est, **mais on l'a mue**. Elle a donc subi passivement un quart de rotation, mais elle a eu la sensation de l'angle ainsi décrit, la sensation de la différence entre l'attitude Sud et l'attitude Est, puisqu'au dépôt à terre elle a replacé l'axe de son corps en tournant en sens inverse. L'insecte peut donc enregistrer un angle indépendamment de tout effort moteur de sa part, c'est-à-dire un déplacement angulaire qu'il a subi.

En transportant notre fourmi, nous n'avons pas

fait autre chose que ce que faisait Lubbock avec une ou plusieurs fourmis marchant droit sur un disque. En faisant tourner le disque de 90 degrés, par exemple, la fourmi rétablit en tournant en sens inverse sa direction primitive. Je reviendrai en détail sur ce point au § 7, p. 90.

En résumé, dans l'expérience de Piéron modifiée, nous avons une déviation angulaire subie par l'insecte, suivie d'un replacement de l'axe du corps, fait semblable à celui du disque de Lubbock, et ensuite seulement un trajet de Piéron.

Dans le cas d'une fourmi déjà en marche vers la région du gite (Piéron), le replacement de l'axe du corps nous paraît une chose assez simple parce que nous connaissons des choses analogues chez l'homme. Bien des hommes sont capables de rétablir leur attitude antérieure si on leur fait subir une déviation angulaire simple en les plaçant sur un grand disque avec les yeux bandés. Ils percevront l'angle décrit sans aucune contribution de l'élément musculaire (effort moteur) de leur part, comme on sent, les yeux fermés, en chemin de fer, dans une forte courbe de la voie, l'inclinaison par rapport à la verticale.

Nous allons instituer l'expérience d'une façon plus instructive en ne prenant pas une fourmi déjà « dirigée », déjà en marche vers le gite, mais une fourmi exploratrice aperçue comme il a été décrit à la fin du § 1.

Expérience fondamentale n° 1. Capture au loin de la fourmi exploratrice par une provende.

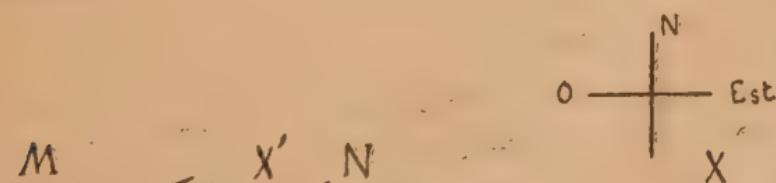


Fig. 1. — Trajet X'M d'une fourmi allée de son gîte N en un lieu X où on l'a capturée, puis déposée en un lieu X'.

A l'ombre. Nous avons en N l'orifice unique du gîte d'une petite tribu. Le terrain est plan, peu accidenté, poussiéreux avec quelques feuilles et graviers ça et là. La fourmi découverte seule en train de chercher ou d'aller au loin se trouve à quelques mètres à l'Est du gîte, au lieu X. On pose à sa portée un support chargé de provendes, par exemple de graines serrées pour obliger l'insecte à travailler. La fourmi monte sur le support, va et vient en cherchant à détacher une bribe de provende. **Son corps prend ainsi une foule de positions diverses.** Si nous laissons repartir l'insecte avec un aliment, il filera de X vers N, c'est-à-dire de l'Est vers l'Ouest. Nous savons cela d'après les résultats de l'expérience préliminaire (cas général à la fin du § 1). Au lieu de cela, nous emportons doucement le support portant la fourmi en train de choisir et nous allons le poser en X', en terrain similaire. Nous pouvons faire décrire au support une conversion lente pendant que l'insecte lui-même se meut ou non dans les provendes, et cela pour faire voir que cet insecte au lieu X' ne redescendra pas par l'endroit du support où il était monté (1). Nous avons choisi le lieu X' du dépôt à l'Ouest du gîte, à un mètre au moins de ce dernier pour éviter l'attraction olfactive de l'orifice dans le cas où ce trou a un diamètre important.

Nous observons maintenant les faits successifs suivants :

1^o La fourmi, après son choix fait, place sa tête **vers l'Ouest** et son arrière-train **vers l'Est**. Elle s'oriente donc, mais à faux.

2^o Ainsi orientée, elle descend du support et marche sans arrêt ni hésitation vers l'Ouest en maintenant pendant plusieurs mètres cette orientation.

(1) Bien entendu, si une fourmi odorante est montée plusieurs fois par un même endroit d'un support, elle aura ensuite une tendance à redescendre par ce même endroit. Voir à ce propos Lubbock, *Fourmis, Abeilles et Guêpes*, vol. II, p. 48.

L'erreur dans le parallélisme avec la ligne droite XN est généralement minime (ex., fig. 2 en B et D). Les mouvements successifs de l'insecte s'équilibrivent autour d'un axe de sinuement. Arrivée en un point M, la fourmi renverse le mouvement ou se met à tourner. Il y a souvent une correspondance plus ou moins approchée de longueur entre la distance XM et la distance XN (trajet de Piéron).

Du moment que cette expérience réussit ainsi avec les individus d'une espèce, et elle m'a toujours réussi plus ou moins bien, généralement fort bien, il n'y a plus à se préoccuper de l'action de la vue, du tact et de l'odorat en ce qui concerne la prise d'orientation (Est-Ouest dans l'exemple) pour une fourmi marchant à l'ombre, ni pour son maintien lors du retour d'un point quelconque X vers la région du gîte. — Tant que la fourmi n'est pas arrivée dans la région proche de son gîte, lors d'un retour, l'action des sens énumérés est égale à zéro, au point de vue de l'orientation vers la région du gîte ainsi que du maintien de cette orientation.

En effet, à l'ombre, vue, tact et odorat ne sont pas autrement sensibilisés en X' qu'en X, en ce qui touche la prise de l'orientation Est-Ouest, car il n'est pas concevable que ces sens puissent déterminer l'insecte alors qu'il est en X' à s'éloigner de son gîte vers l'Ouest avec un aliment, ni qu'ils puissent lui faire maintenir une seule et même direction, fausse du reste, pendant plusieurs mètres.

Par son résultat, l'expérience fondamentale n° 1 répond aux questions posées dans le résumé du § 1 : une fourmi de l'une de mes espèces, partie de son gîte et se trouvant en un lieu quelconque X au loin, se montre en possession d'une pure direction lorsqu'elle découvre un aliment, car elle fait preuve de cette possession de la même direction en un milieu X', quelconque aussi, où je la transporte, après l'avoir capturée en X.

On pourrait penser que malgré ses tours et ses détours dans la provende, sur le support au lieu X, la fourmi continue à avoir une représentation rudimentaire de l'espace consistant à savoir ce qui était à sa gauche sur le support à son arrivée, ainsi que ce qui était à sa droite, et cela par rapport à la direction de sa trace odorante d'arrivée. Au lieu X' la fourmi, après choix de l'aliment, repartirait d'après cette représentation. L'explication serait à la rigueur acceptable dans le cas où l'on aurait transporté le support parallèlement à lui-même. Mais je rappelle que l'on a fait opérer à ce support une conversion lente et douce pendant que l'insecte était occupé par la provende, conversion que la fourmi n'a pas compensée en tournant en sens inverse comme elle le fait lorsqu'elle est capturée **en marche** (transport de Piéron et disque de Lubbock). Elle n'a donc pas eu la sensation de l'angle décrit dans notre cas, et sa représentation devrait la faire repartir du lieu X' dans un tout autre sens que parallèlement à la ligne droite allant du lieu X vers le gîte N.

Mon expérience nous amène donc au point vraiment mystérieux, car, ainsi que je l'ai dit plus haut à propos de la fourmi de Piéron ou de Lubbock, le fait du replacement de l'axe de la part d'un être **en marche** que l'on fait tourner nous paraît en somme assez naturel. Mais à ce propos, avouons-nous bien qu'en constatant chez une fourmi la sensation de l'angle qu'on lui fait décrire, sensation indépendante du milieu, et qui se manifeste tout aussi bien avec un éclairement perpendiculaire au plan de la marche (voir p. 91 la boîte ouverte dans le haut), nous ne savons rien du mécanisme interne. N'ayons pas surtout l'illusion d'avoir tout expliqué lorsque nous aurons pu ramener un phénomène à un autre que nous croyons comprendre pour la seule raison que ce dernier nous paraît naturel.

Ainsi Wasmann ramène les expériences de Vieh-

meyer à celle du disque de Lubbock en disant que les premières « s'expliquent » par cette dernière (1).

C'est parfaitement juste, à mon avis, mais Wasmann ne paraît pas se rendre compte que personne ne sait au fond comment et par quel sens la fourmi perçoit si bien l'amplitude de l'angle que lui fait décrire le disque de Lubbock et que son explication, ramenant Viehmeyer à Lubbock nous fait aboutir à un phénomène dont la cause est encore inconnue. Le piquant de l'affaire, c'est que Wasmann critique Fabre qui attribue à certains insectes un sens particulier de l'orientation, sens inconnu aux hommes, dit Wasmann, ce à quoi il ajoute qu'une « explication » doit partir de facteurs connus !

Mon expérience rend le problème plus intéressant parce qu'en nous supposant transportés sur un support dont nous ne percevrions ni le transport ni la conversion puisque occupés à un travail absorbant (fourmi détachant une graine ou buvant), nous serions incapables de faire ce que fait la fourmi, c'est-à-dire de repartir sans hésitation dans un certain sens de l'espace.

On comprend maintenant pourquoi la fourmi exploratrice peut s'en aller au loin et en revenir sans jamais refaire sa trace de l'aller, et sans avoir une connaissance progressive des environs de son gîte. Elle n'a aucun besoin de tout cela. Cette pure direction qu'elle possède en un lieu quelconque pour son retour, elle la possède virtuellement déjà alors qu'elle cherche encore dans la provende, attendu que, une fois son choix fait, cette direction apparaît identique, où que je porte l'insecte.

Il va de soi que les sens tels que la vue, l'odorat, le tact et l'ouïe, dont l'expérience n° 1 démontre qu'ils ne jouent aucun rôle dans la prise de l'orientation et

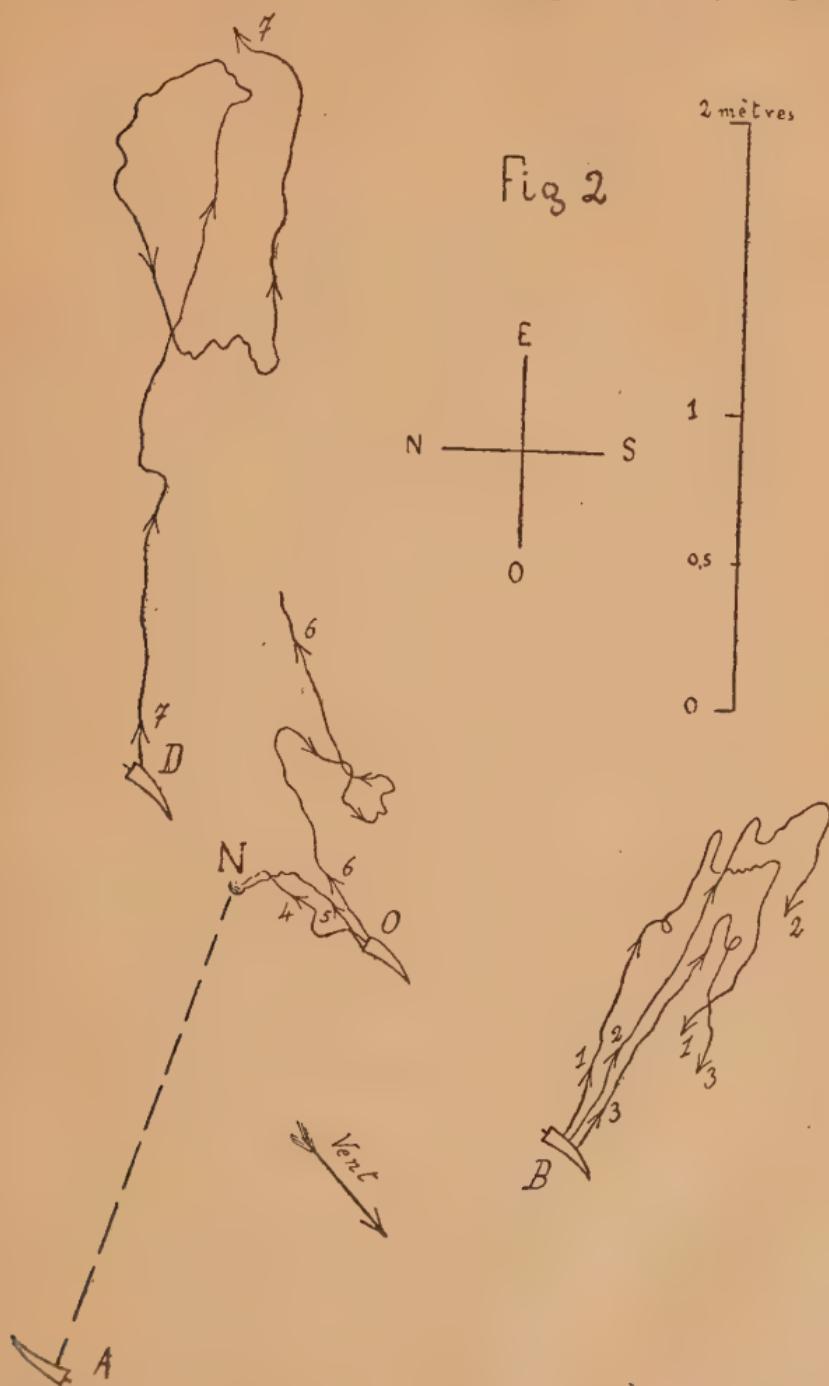
(1) Wasmann, *Orientirungsvermögen der Ameisen*, p. 42 en haut.

pour son maintien lors de la marche vers l'Ouest, sont nécessaires à l'insecte pour autre chose. Ils sont prêts à déceler à la fourmi, au cours de marche, toute chose et événement insolite ou dangereux à proximité de son corps.

Supprimer l'usage de ces sens à l'insecte au moyen du vernissage des yeux et de l'ablation des antennes, ce n'est donc nullement lui enlever des organes servant à la prise d'orientation pour le retour ainsi qu'à son maintien, mais c'est le démunir d'appareils récepteurs qui sont prêts à le renseigner sur les environs immédiats de son corps. Pour comprendre le rôle latent de ces organes lors du retour en région lointaine d'un lieu quelconque X vers la région du gîte N, je balaie la poussière épaisse jusqu'à la terre nue, c'est-à-dire à un centimètre de profondeur, au-devant de l'insecte en marche. Je sais d'avance que les petits mouvements de détail de l'insecte en seront forcément modifiés, puisque la conformation et la température de la surface sont changées, mais que la direction générale, l'orientation, n'en sera nullement affectée, même pour des fourmis très sensibles aux modifications brusques et récentes du sol (*Tapinoma*, fig. 36). Donc, aux endroits balayés, la fourmi exploratrice n'est pas arrêtée ni gênée, comme ce serait le cas si elle suivait une piste; elle n'a aucun besoin de reconnaître des lieux touchés ou sentis auparavant pour se diriger et pour maintenir l'orientation du retour sur la surface où j'ai balayé. Les organes de la vue, du tact et de l'odorat n'indiquent rien d'insolite à l'insecte dans les lieux balayés, car cette transformation de la surface du sol est naturelle; le vent balaie aussi. Je reviendrai au § 5 sur l'entrée en action de ces sens lorsque la fourmi, lors de son retour de X vers N, arrive enfin à proximité du gîte, et cela dans le cas où on a laissé la fourmi repartir du lieu X, sans faire l'expérience de transport du support.

Exemples de l'expérience n° 1.

Fig. 2. — En N se trouve l'unique orifice, large de



4 à 6 centimètres de diamètre, d'une importante tribu de *Messor barbarus* var. *sancta*. Le matin, il y avait

eu un terrain de parcours du gîte vers le Nord-Ouest, large bande de terrain dont l'axe est indiqué par des tirets. L'après-midi, le terrain se trouvant à l'ombre d'eucalyptus, quelques fourmis sortent de N vers A, car la terre noire est maintenant refroidie. Je pose en A une feuille d'eucalyptus chargée de graines de platane (chaton brisé).

Pendant que sept fourmis, arrivées successivement et par des trajets individuels, travaillent à détacher quelques graines, je balaie tout le secteur Sud-Ouest jusqu'à la terre nue, puis je porte mon support au lieu B, bien sous le vent assez fort, en faisant tourner doucement la feuille. Aucun des insectes ne rétablit cet angle décrit, car les fourmis travaillent dans les graines. Trois insectes partent successivement de B avec une graine. Leurs trajets sont parlants. Je porte ensuite la feuille en O. Ici deux fourmis (4, 5) vont au nid, mais (6) s'égare dès qu'elle n'est plus sous le vent du nid. Au cours de plusieurs séries d'expériences à ce nid, j'ai vu que par le meilleur vent, l'attraction olfactive et peut-être auditive n'a pas porté au delà de 0 m. 90 pour les plus grandes ouvrières. La septième fourmi, grande ouvrière portée en D, au vent de l'orisice, part vers l'Est après 18 minutes de travail dans les graines.

Fig. 3. — L'expérience est facile avec toutes mes espèces, sauf avec *Myrmecocystus* qui voit les mouvements de grands corps verticaux quand ils sont brusques. Il faut ici un peu d'habitude et d'adresse. — Voyant partir en course rapide une *Myrmecocystus* du gîte N vers le Sud, je pose en X un plateau d'écorce portant du sucre mouillé et des grains de sucre. La fourmi s'attarde à sucer, puis bondit sur un grain de sucre à 3 centimètres de distance et part en le poussant devant elle. L'erreur de réorientation est assez forte. En C, la fourmi reconnaît un point de repère (lieu connu du discontinu connu de la région proche du gîte, § 9), car elle se dirige de là droit vers le trou N,

mais elle s'y croit trop tôt arrivée. Je vois ensuite ma fourmi sortir du nid et revenir vers X, mais je n'ai pu relever ce deuxième aller, car je me tenais accroupi et immobile, la main au support. L'insecte,



Fig. 3.

grimpé donc à nouveau sur le plateau d'écorce, suce du sucre. Ainsi anesthésiée, sauf en ce qui touche le sens du goût, je puis transporter à l'ombre en X', terrain sablonneux similaire, la belle et élégante fourmi, tout en faisant tourner doucement mon support sans que la fourmi bouge. Au lieu X', après un certain temps, l'insecte lève la tête, saute sur un grain de sucre, oriente sans hésitation l'axe de son corps comme il l'avait orienté tout à l'heure dans la direction de X vers C₁, et part rapidement par un trajet X'M, parallèle à XC₁. Nous étions à plusieurs mètres de troncs d'eucalyptus, objets que l'insecte peut percevoir à un mètre (voir fig. 52 la fourmi tournant autour d'un tronc). La fourmi a pu me voir au lieu X, mais en X' j'avais changé de place en me mettant à plus de 2 mètres, de façon à voir le départ de X' et à pouvoir le tracer derrière l'insecte au moyen d'un roseau pointu de 2 mètres de long. L'insecte n'a donc pas pu prendre sa réorientation X'M d'après moi. **Le va-et-vient nouveau est fonc-**

tion du va-et-vient ancien, moins comme longueurs que comme orientations. Entre X' et M, l'insecte très sensible a perçu probablement une légère différence de terrain, car il a fait une boucle. En C₂, point de repère.

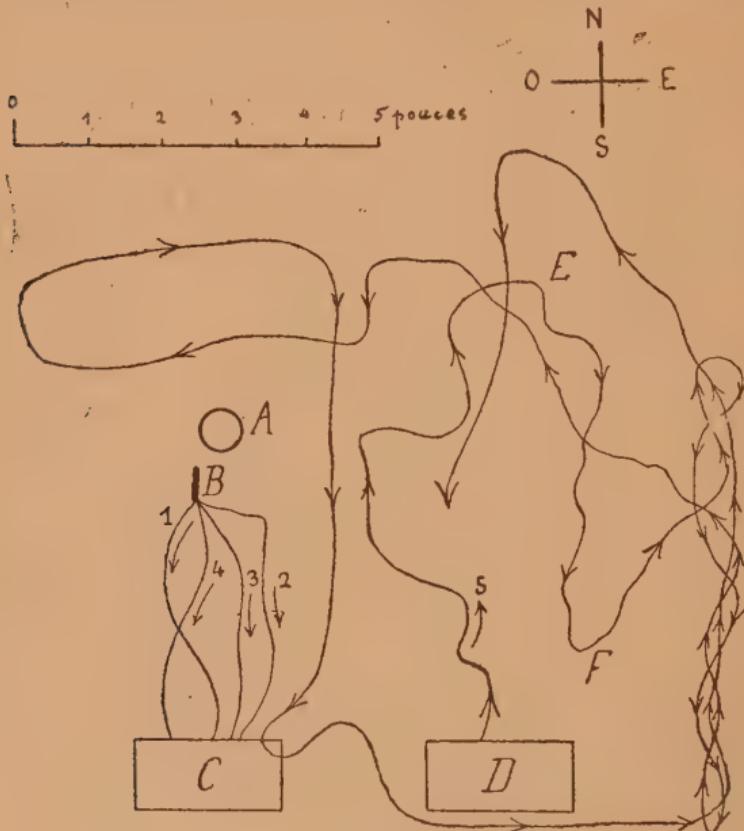


Fig. 4.

Fig. 4. — Reproduction du dessin n° 27 de Lubbock dans : *Fourmis, Abeilles et Guêpes*, vol. II, p. 43.

Lubbock, qui aurait pu constater les relations en tant que distances parcourues et orientations reprises entre un va-et-vient nouveau et un va-et-vient ancien, a tout ignoré de ces relations. Il est instructif de faire voir pourquoi.

Je suppose le dessin orienté du Sud au Nord pour la commodité du discours. Nous avons là une table

de laboratoire, probablement pendant la journée, avec lumière plus ou moins diffuse, ce que l'auteur ne mentionne pas. En B se trouve un pont menant d'un nid artificiel de *Lasius* à la table. Une fourmi fait un va-et-vient de B à la cuvette C, où Lubbock a mis des larves. En A l'expérimentateur a collé un crayon debout pour se rendre compte dans quelle mesure ce pylône peut affecter la vue de la fourmi. Cette dernière va donc de B en C par des traces chaque fois différentes. Lubbock attend toujours que sa fourmi « connaisse bien sa route » avant de la transporter! Il ne sait pas qu'un seul et unique aller au loin aboutissant à la découverte d'une provende suffit pour donner la direction de tous les voyages ultérieurs, même sur un terrain incessamment transformé (voir fig. 17 à fig. 28). La fourmi se trouvant donc dans la cuvette C, lors de l'un de ses voyages, Lubbock transporte ce support à 3 pouces plus loin, en D, et voit que de là, l'insecte ne repart pas vers le crayon-pylône. Tout ce qu'il voit en plus, c'est que le nouveau trajet est sinuex et que « le chemin qu'elle suivit n° 5 démontre qu'elle fut totalement déroutée. » — Ainsi Lubbock n'a pas su utiliser les précieuses indications que lui donnait la conformation très spéciale du nouveau trajet n° 5 que fait la fourmi après son transport. Un premier fait saute aux yeux : le trajet nouveau n'est pas quelconque. Sa quasi-totalité se fait dans la région qui s'étend au Nord de l'endroit D. Or, à l'ancien endroit C, la fourmi repartait toujours vers le Nord pour retourner en B. La fourmi n'est donc pas « totalement déroutée » sur ce terrain nouveau; elle apparaît bien au contraire orientée dans l'ensemble vers une certaine région, ou mieux dans un certain sens de l'espace. Si cette fourmi avait fait « autour » du support en D un tournoiement sans tendance visible, on pourrait dire qu'elle est déroutée, désorientée. L'étude du détail du nouveau trajet est encore plus instructive que

le coup d'œil de l'ensemble. Je n'ai dessiné que 75 pouces de ce trajet nouveau n° 5, alors qu'il en comporte en tout 95 environ. Le lecteur pourra suivre sur le dessin de Lubbock les 20 derniers pouces que je n'ai pas figurés pour ne pas trop embrouiller la figure. La plus grande partie de ces 20 pouces manquants dans mon dessin a été faite du Nord au Sud ou vice-versa.

La relation entre le va-et-vient nouveau et l'ancien est claire. L'insecte part de D droit vers le Nord, mais sinue, ne trouve pas son pont de papier B et renverse à cause de cela le sens de sa marche au lieu E. Il a donc fait ainsi 6 pouces de D en E au lieu de 3 qu'il faisait anciennement de B en C. Puis la fourmi fait environ 5 pouces du Nord au Sud, de E en F, biaise un peu vers le Nord-Est, puis recommence un va-et-vient bien orienté, part ensuite dans l'Ouest, reprend le va-et-vient orienté, etc...

En comptant sur le trajet total de 95 pouces tel qu'il se voit dans le dessin de Lubbock, on voit 66,5 pouces qui sont parcourus nettement du Sud au Nord ou vice-versa; ce sont des parties de trajet dont la longueur varie de 5 à 7 pouces de long alors que l'ancienne distance BC était de 3 pouces. Sur ces parties les sinuosités se compensent et l'état ancien de direction générale persistant apparaît. Comme recherches latérales, l'insecte a fait : vers l'Ouest, 8, 5 pouces, vers l'Est 11, 5 pouces, en tout 20 pouces perpendiculairement à l'ancienne orientation du va-et-vient, ce qui est un fait régulier dans de tels va-et-vient, et il nous reste comme trajet irrégulier : 4 pouces vers le Nord-Ouest, 3 vers le Nord-Est et 1,5 vers le Sud-Est.

En somme on aurait pu deviner avant le dépôt en D, l'orientation des deux tiers du trajet nouveau. Connaissant la règle de la conservation de l'orientation, on peut prévoir dans une certaine mesure ce qui se passera.

Maintenant, pourquoi le va-et-vient de la fourmi de Lubbock est-il sinueux alors que le début des allées et venues de mes fourmis de fig. 2 et fig. 3 ne l'est pas? — C'est bien simple. — Lubbock laisse faire de B en C un va-et-vient prolongé pour que la fourmi connaisse bien la route! Il se crée de ce fait chez cette fourmi une connaissance de la surface parcourue; une telle connaissance s'établit plus ou moins rapidement suivant les espèces. Cette connaissance se surajoute à la possession de l'orientation du va-et-vient, pure direction que la fourmi possède du fait d'un seul aller (fig. 17 à fig. 28). Le changement de lieu perturbe dans une certaine mesure la fourmi qui alors vacille et sinue parce qu'elle perçoit la différence entre la région nouvelle en D et l'ancienne en C, dont elle avait pris connaissance par des trajets répétés.

RÉSUMÉ DU § 2

Une fourmi isolée exploratrice à laquelle on donne une provende ou qui en découvre une se montre en possession d'une pure direction pour son retour. Elle ne se meut pas, en région lointaine, vers le gîte par une combinaison de perceptions visuelles, tactiles ou olfactives en reconnaissant le terrain de proche en proche. Elle ne « cherche pas sa route » ni ne « trouve son chemin ». Ce n'est pas la direction vers la région du gîte qu'elle possède, mais bien une direction dans un certain sens de l'espace. La nuance est importante. La fourmi marche ainsi « dirigée » indépendamment du milieu extérieur sauf, bien entendu, la possibilité éventuelle d'un maintien d'une direction quasi constante avec un axe de

référence fixe dans le milieu extérieur (1), axe actuellement inconnu.

§ 3. — Provenance de l'orientation, pure direction, que prend la fourmi une fois en possession d'une provende.

Jusqu'ici nous avons procédé à la manière de l'excellent père de Tristram Shandy, dont Sterne dit à peu près ceci : « Il procédait à la manière des grands physiologistes qui établissent d'où ne provient pas une chose au lieu de chercher d'où elle provient. » — D'où provient cette pure direction vers le gîte, ou mieux dans un certain sens de l'espace, dont fait preuve notre fourmi partant du lieu X ou du lieu X' (fig. 1, p. 31) ?

Expérience fondamentale n° 2. Capture d'une fourmi au gîte et transport de cette fourmi en un lieu X. — Posons un support chargé de provende au bord même de l'orifice du gîte. Une fourmi sort et s'intéresse à la provende.

Nous portons doucement le support en un lieu X, par exemple à 2 mètres du gîte. Après choix de l'aliment la fourmi tourne sur le support, elle en suit les bords, en descend, tourne autour, puis ses tournolements deviennent de plus en plus étendus. Souvent elle abandonne l'aliment et ne s'en occupe plus si elle arrive à nouveau à son contact.

Une fourmi *Myrmecocystus* portée à 2 mètres du gîte tourne pendant 40 minutes jusqu'à ce que l'un des tournolements devenus de plus en plus étendus la fasse passer tout près de son trou. D'autres fois

(1) Par exemple la direction constante des courants magnétiques; c'est l'hypothèse de Viguier pour le pigeon dans *Le sens de l'orientation*, Revue philosophique, XIV, 1882, p. 1-36. Je fais voir expérimentalement au § 7 qu'il ne s'agit pas d'un sens magnétique pour la fourmi.

elle ne tournoiera que pendant 7 minutes, parce qu'elle a trouvé rapidement un point de repère isolé; ce dernier cas de 7 minutes est le plus court laps de temps observé (1). Si elle était allée d'elle-même du gîte au lieu X, elle en reviendrait en 14 à 16 secondes! En portant l'insecte à plusieurs mètres, cela peut durer plus d'une heure. Une vingtaine de *Myrmecocystus* portées à 200 mètres ont tournoyé pendant des heures, et on en retrouve trois le soir, épuisées de fatigue mais tournoyant encore. Les fourmis de cette espèce, qui ont une vue distincte, ainsi que je l'ai mentionné à la p. xvii, portées à 0 m. 25 ou 0 m. 30 de leur trou, mais pas du côté des déblais et détritus, tournoient quelquefois pendant 30 secondes, souvent plus!

Une telle fourmi capturée au gîte par un aliment, (ce qui vaut mieux que de la perturber en la prenant avec les doigts), est donc **incapable** de prendre la direction vers le gîte, ou mieux dans un certain sens de l'espace. Le fait est toujours le même pour toutes mes espèces. Il nous apprend qu'il n'y a pas de mystérieux instinct vers le gîte (homing instinct) et que les antennes de cette fourmi sont incapables de jouer à distance un rôle analogue à celui des antennes de la télégraphie sans fil. Aurions-nous appris cela en coupant ces antennes?

La comparaison du résultat de cette expérience n° 2 avec ceux de l'expérience préliminaire (§ 1) et de l'expérience n° 1 (§ 2) enseigne ce qui suit :

Une fourmi isolée exploratrice ou chercheuse, **allée** d'elle-même de son gîte en un lieu X, possède la direction vers le gîte, ou mieux : dans un certain sens de l'espace. Une fourmi **portée** du gîte au lieu X en est **incapable** (2). Par conséquent la pos-

(1) J'entends : pour des *Myrmecocystus* portés à 2 mètres.

(2) On remarque ici la différence avec l'abeille et le pigeon voyageur. Ces derniers animaux portés au loin se reconnaissent très probablement par la vue de points de repères car, ils planent. Les insectes ailés ont une bonne vue distincte (Forel,

sibilité du retour direct, généralement aisée et rapide, de la fourmi exploratrice provient de l'aller effectué au loin. **Le retour est fonction de l'aller au loin** (1), mais nous savons d'autre part qu'il n'est pas fonction d'impressions visuelles, tactiles, olfactives ou auditives provenant de cet aller, et cela par le résultat de l'expérience n° 1, p. 31. Il s'en suit que le retour est fonction de quelque chose d'un autre genre, que l'insecte a enregistré lors de son aller au loin (2).

RÉSUMÉ DU § 3

Comme la pure direction que prend la fourmi pour son retour, direction générale qu'elle maintient ensuite, provient de l'aller, il n'y a plus de problème du retour en ce qui concerne la fourmi exploratrice, mais bien un problème de l'aller et un problème du rapport entre le retour et l'aller. Ce n'est plus de la façon d'après laquelle l'insecte retourne au gîte qu'il faut s'occuper, mais bien de

Ferton, Bouvier). On sait par E. Yung que des abeilles ayant leur ruche près du bord du lac de Genève ne reviennent pas lorsqu'on leur donne la liberté à 3 kilomètres **sur le lac**, alors qu'elles retrouvent leur ruche lorsqu'on les lâche à 6 kilomètres **dans l'intérieur du pays** (citation de Claparède). Pour les pigeons, Guibert a fait voir qu'ils se perdent par temps de neige, et cela ne peut être que parce que la neige change complètement l'aspect des choses, dit Hachet-Souplet dans *L'instinct du retour chez le pigeon voyageur*, Revue scientifique, février 1911, p. 235. Mais il faudrait savoir si le champ de neige ne modifie pas le magnétisme pour le cas où le pigeon aurait un sens magnétique de direction.

(1) J'ai emprunté ce terme au langage des mathématiques et je l'ai employé dans mon Mémoire de 1910. Je ne sais s'il a été utilisé auparavant par d'autres auteurs. Depuis, H. Piéron a bien voulu l'adopter et ainsi le consacrer dans la Revue des Sciences d'avril 1911, p. 342, ligne 8 du bas.

(2) A l'époque où j'ai observé cela je ne savais pas que je confirmais expérimentalement une opinion de Darwin (Claparède, *l'Orientation lointaine*, p. 135, 5°).

celle d'après laquelle il s'en éloigne. — Par l'observation directe, par l'établissement de collections comprenant et classant de nombreux documents complets pour chaque espèce, on pourra se rendre compte de la relation qui doit nécessairement exister entre le retour et l'aller au loin, si cette relation est visible.

§ 4. — La conservation de l'orientation en cours d'exploration ainsi qu'après un long temps écoulé.

Nous savons maintenant qu'il y a quelque chose dans l'aller au loin qui détermine le retour aisément d'une fourmi quasi aveugle ou très myope revenant seule et qui revient toujours sans reprendre sa trace de l'aller. D'autre part, nous avons dépassé un point de vue ancien, qui consistait à admettre qu'un tel insecte s'oriente vers son gîte de par les perceptions d'un de ses sens ordinaires ou de par les combinaisons des perceptions de ces divers sens (vue, odorat, tact, ouïe) (1).

Je pense avoir rassemblé suffisamment de documents complets au cours de trois saisons pour pouvoir dire quel est le rapport entre le retour et l'aller, rapport que nous savons devoir nécessairement exister par la comparaison des expériences n° 1 et n° 2. Mes collections de voyages complets témoignent d'ordinaire nettement du fait général suivant : la fourmi exploratrice part dans un certain sens, généralement très droit, rapidement et toujours en oscillant, quelquefois en sinuant.

Elle a la curieuse faculté de maintenir constamment ce sens, à l'ombre ou au soleil, et de toujours

(1) C'est la thèse *a)* de Forel dans *Sinnesleben der Insekten*, p. 165.

le reprendre malgré les recherches locales les plus compliquées en cours de trajet. C'est ce que j'appelle la règle de constance de la conservation de l'orientation d'origine.

Un homme presque aveugle ou très myope, voyageant et cherchant ça et là à l'ombre d'une forêt, serait incapable de faire sans boussole ce que fait la fourmi, un homme civilisé tout au moins. Que la fourmi trouvant une provende prenne alors la direction inverse de celle de son départ, bien des gens l'auront vu, mais pour de courts trajets surtout. En disant cela je ne prétends point avoir fait une découverte! Mais je prétends que l'on n'a pas assez observé et étudié les tout premiers trajets, les explorations de fourmis, et que l'on n'a pas appris à connaître l'intéressante faculté du remplacement de l'axe du corps en cours du voyage au loin de l'individu observé seul.

Tous les trajets de fourmis exploratrices, même d'espèces différentes, ont donc un air de famille que montrent mes collections (§ 6). De l'un à l'autre il y a quelque chose qui varie peu (invariante biologique). On verra la classe des voyages simples (§ 6), qui sont de beaucoup les plus fréquents, et ensuite la classe des explorations à deux ou plusieurs orientations générales (§ 8).

Fig 5. — Cette figure représente une exploration d'un type commun chez toutes les espèces. Les hachures figurent des coups de balai donnés au devant de l'insecte. C'est un tout premier trajet d'une grande *Messor* après de fortes pluies ayant modifié le sol. L'insecte part à l'ombre, très droit, de l'unique orifice N et très rapidement. Il va au Nord-Est, oscillant comme toujours, puis sinue et entreprend une première recherche assez lente en E₁. Il reprend ensuite assez rapidement dans le même sens, etc..... Au sixième « espace de recherches » je donne une graine G. La fourmi s'oriente sans hésitation dans un

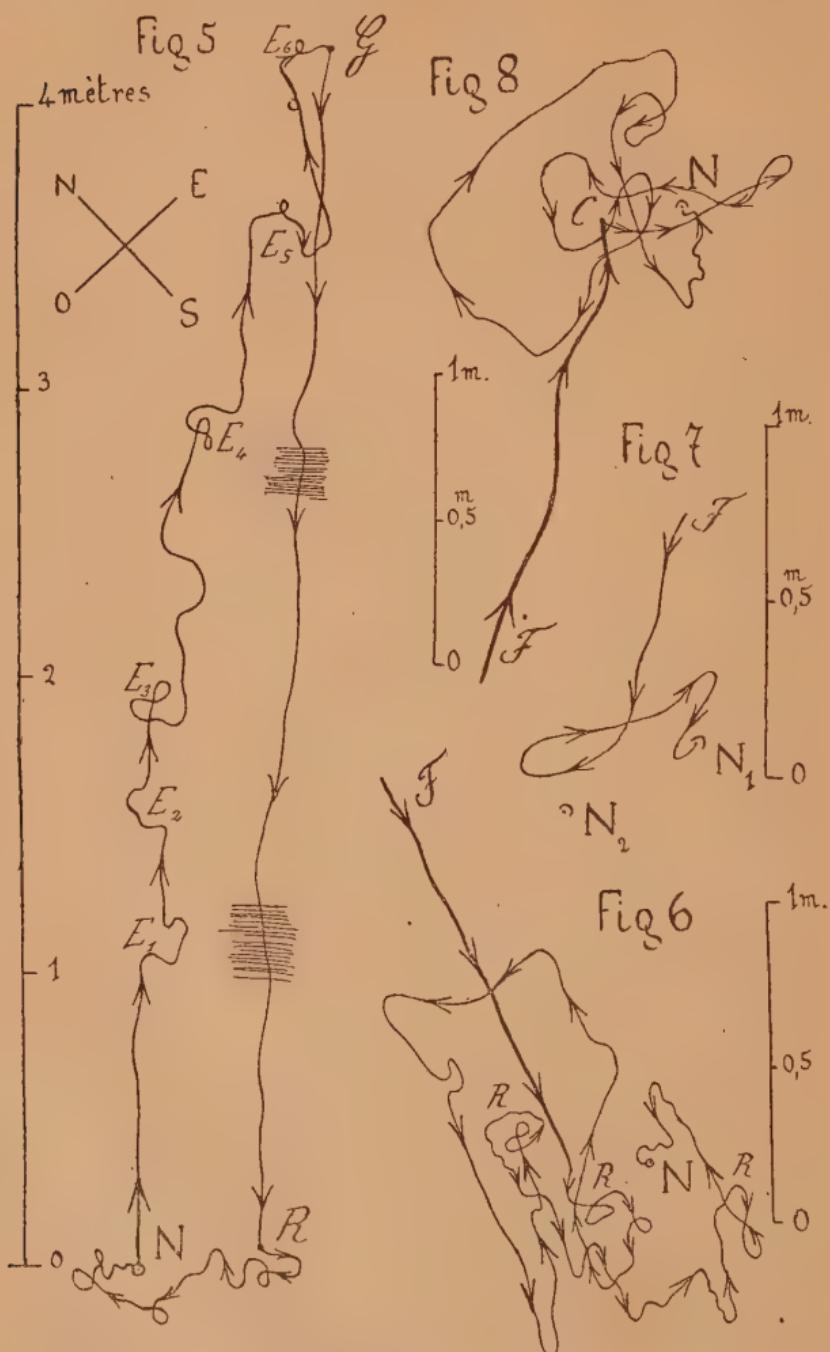
certain sens de l'espace, sens inverse de celui de son départ, opère son retour en région lointaine, de G en R, puis commence en R sa recherche de l'orifice ou « tournoiement de Turner. » On voit donc dans une exploration :

1° Un départ rapide, quelquefois sinueux, mais dans un certain sens ; 2° des espaces de recherches E plus ou moins nombreux et compliqués, espaces séparés par des parties de l'aller dont l'orientation réapparaît presque semblable à celle du départ ; 3° un retour en région lointaine comportant une erreur de réorientation généralement fort minime ; 4° une recherche de l'orifice lors de l'arrivée dans la région proche du gîte ; souvent l'insecte trouve ici des traces odorantes suffisamment serrées, c'est-à-dire comme un pinceau de rayons odorants d'après lesquels il est reconduit droit au trou ; *Myrmecocystus* (vue distincte) trouve des points de repère (§ 9) ; 5° un écart latéral RN lors de l'arrivée. Dans l'exemple il est d'environ 0 m. 40. Cet écart provient : des écarts latéraux produits par les espaces de recherches, écarts qui se compensent quelquefois, ce qui n'est pas le cas dans l'exemple, puis des minimes erreurs de réorientation en cours de l'aller, et enfin de l'erreur de réorientation au lieu G lors de la prise du retour.

Sans attendre d'en arriver au paragraphe 7 (Interprétations), je vais donner ici quelques appréciations personnelles.

J'insiste tout particulièrement sur un fait général : j'ai suivi plus de 200 voyages d'exploratrices et j'ai toujours été frappé de ce que le retour en région lointaine, de G en R, est une chose **très simple dans sa forme**. Que ce retour soit sur 4 mètres ou sur 30, ou encore sur 70 mètres (*Myrmecocystus*), le fait cinématique est simple. Je crois donc, à l'encontre de l'opinion de bien des auteurs, que ce phénomène doit être **simple dans ses causes** (Kinèse). Le con-

triste est toujours frappant entre la forme de la



longue ligne GR, fig. 5, et celle de la ligne des recher-

ches à partir de R. Je crois que l'on a admis que le retour devait être un phénomène très complexe parce que l'on a négligé de relever des voyages entiers de chercheuses isolées. De même, l'on a admis qu'une provende encombrante devait gêner l'insecte pour l'orientation au retour parce qu'ici on a confondu le retour en région lointaine avec la recherche du nid à l'arrivée. J'ai observé à l'ombre un long retour de *Messor*, fourmi sans vue distincte, aussi droit que celui de fig. 5, et j'ai compté plus de 40 voltes complètes que la provende encombrante se coïncant ça et là obligeait l'insecte à faire. La direction se maintenait sans aucun arrêt et sur un sol que je balayais au devant de la fourmi (1). — J'ai vu de longs retours de Camponotides dans les feuilles mortes des forêts, feuilles que je pouvais brouiller à quelques décimètres au devant de l'insecte sans lui faire perdre sa direction. J'en ai vu dans les herbes et pour toutes mes espèces ; ici la fourmi exploratrice maintient sa direction générale en se mouvant un peu comme le ferait un singe dans les hautes branches d'un bois. **Au retour, les mouvements divers de l'insecte, chargé ou non, s'équilibrivent autour d'une ligne idéale dont la direction varie très peu en général.**

De G en R, c'est-à-dire en région lointaine, je dis

(1) Wasmann voyant une fourmi à vue distincte trainant en marchant à rebours bien droit vers la région du gîte, croit à une image durable des environs par la mémoire visuelle. (*Formica rufibarbis*, dans: Zur Kentniss der Ameisen und Ameisengäste von Luxembourg, III Th. 1909, p. 86.) Il fallait faire là l'expérience de Piéron en capturant l'insecte. Le préjugé que la fourmi ne doit pouvoir revenir que par la vue, le tact et l'odorat, préjugé qui provient de ce que l'homme civilisé ne sait pas revenir autrement, est si fort chez les auteurs avant Piéron (1904), que les expériences instructives de transport ne leur viennent pas à l'esprit. Ainsi Forel, puis Bethe, prenant une fourmi sur «un chemin » de fourmis, la posent à nouveau sur le chemin au lieu de la poser en dehors du chemin, ce qui est bien autrement instructif, car l'on voit alors souvent l'insecte marcher parallèlement au chemin (p. 179).

que l'insecte est en « état de direction générale ». Dans la région proche il est en « état de recherches du gîte ». Ces deux états visibles cinématiquement différents doivent correspondre, à mon avis, à deux états internes complètement différents aussi. Dans le premier état l'insecte m'apparaît comme un automate qui serait remonté pour marcher dans un certain sens (expérience n° 1, p. 31). Le deuxième état n'est plus un automatisme, mais une adaptation. L'insecte ne me semble donc plus être un automate lors de sa recherche de l'orifice. Il peut alors accomplir une foule d'actes divers motivés par les circonstances et les éventualités nombreuses du milieu extérieur. En plus de la forme si différente des deux genres de mouvements, l'un de G en R, l'autre à partir du point R, voici ce qui me fortifie encore dans ma manière de voir. Il est bien connu que le fait d'être occupée au transport d'une provende annihile, inhibe, beaucoup des facultés d'adaptation de la fourmi. Ainsi, au contact de fourmis d'autres espèces ou d'insectes, elle ne se défend plus ; sans provende, elle se mettrait en défense (*Messor* et soldats de *Pheidole*) ou elle fuirait (*Myrmecocystus*). Avec une charge, elle reconnaît beaucoup plus difficilement le sens d'une piste de ses congénères lorsqu'elle a été capturée **au nid** puis posée au milieu de ses congénères que si on l'y pose sans provende (1). Enfin la recherche de l'orifice à partir de R, fig. 5, est souvent plus pénible en cas de charge encombrante, parce que lors de ce trajet l'insecte est obligé de s'adapter au moyen de ses sens ordinaires.

Or je n'ai jamais vu une charge volumineuse et encombrante empêcher la fourmi de maintenir remarquablement bien et sans

(1) Ne pas confondre mon expérience ci-dessus avec celle de Forel, puis de Bethe mentionnée en note p. 51. La fourmi capturée au gîte et non pas sur le « chemin » est alors sans direction (exp. n° 2, p. 44). Je reviens là-dessus aux trajets collectifs, p. 180.

arrêt sa direction en cours de retour en région lointaine. D'où je conclus que ce retour n'est nullement une adaptation, mais un acte de pur automatisme. Nous constatons quelque chose d'analogique chez l'homme. Alors qu'un homme peut être occupé à des actes de travaux physiques ou mentaux très absorbants, cela ne l'empêche pas de maintenir incessamment l'équilibre de son corps en rétablissant au mieux les angles décrits par ce corps par rapport à la verticale. Les actes absorbants et compliqués n'empêchent en rien le maintien de l'équilibre parce que cette fonction est automatique. De même, le maintien de la direction lors du retour de la fourmi en région lointaine est un automatisme (maintien d'un équilibre) parce que le fait de l'occupation souvent ardue et absorbante que cause la provende n'inhibe en rien la faculté de direction, alors que ce même fait d'une provende inhibe les actes de défense et rend plus difficiles les actes de la recherche de l'orifice, lesquels sont des actes d'adaptation.

A l'aller de la fig. 5, je constate aussi deux états fort différents : « l'état de direction générale » et « l'état de recherches de provende ». C'est le premier état qui paraît avoir frappé Bethe lorsqu'il emploie le mot « voranstürzen » pour la fourmi : « se précipiter en avant. » Cet insecte apparaît alors vraiment comme une machine lancée dans un certain sens centrifuge et continuant son mouvement indépendamment du milieu. Le deuxième état apparaît comme une adaptation, et on se rappelle alors Forel parlant de la faculté plastique. En état de recherches, quoique la fourmi fasse penser à l'infusoire qui ne peut se nourrir dans un milieu pauvre que par une énorme quantité de mouvements au petit bonheur (Maupas), on voit l'insecte s'adapter à des circonstances éventuelles et inhabituelles du milieu. — En état de recherches, la fourmi ne paraît pas totaliser les distances qu'elle fait. Sans cela elle devrait au retour se tromper tou-

jours en trop, quant à l'estimation de la distance GR presque égale à NG, dans les cas où elle est déterminée en R par une telle estimation de la distance.

Le fait que le retour au gîte de la fourmi considérée seule se compose dans beaucoup de cas de deux parties bien distinctes et de genres différents, comporte un enseignement philosophique qui ne manque pas de saveur. Un ami auquel j'avais fait suivre un long retour d'une *Myrmecocystus* s'écriait : « Comment ! Un insecte qui revient si aisément et si rapidement de 25 mètres vers son gîte, s'y retrouve ensuite si mal et si péniblement lorsqu'il en est tout près ! C'est le contraire chez les hommes ! » Tout son anthropocentrisme se révoltait ! Ce spectateur ne savait naturellement pas que la fourmi en région lointaine revient aisément vers la région de son point de départ comme le ferait un marin possédant un azimut et une boussole, c'est-à-dire grâce à un document de pure direction, tandis que la recherche du gîte est si pénible parce qu'elle se fait au moyen des sens ordinaires, très imparfaits.

Conservation de la direction d'un départ après un long temps écoulé.

J'en arrive au fait le plus important en ce qui touche la vie des fourmis au dehors. Comment une fourmi presque aveugle ou très myope pourra-t-elle retourner à la provende qu'elle a découverte ?

Le lecteur verra une suite de 12 voyages d'une même grande *Messor* (fig. 17 à 28) retournant à un même lieu, et toujours à l'ombre. J'ai chaque fois modifié plus ou moins profondément la surface du sol ainsi que le pourtour du trou avec un balai. Le début du tout premier voyage (exploration de la fig. 17) a suffi pour donner la direction des autres voyages.

La fig. 30 montre une fourmi *Messor* allant la première, l'après-midi, vers un lieu de provende fréquenté le matin au soleil. Pendant les heures chaudes où les fourmis de cette espèce ne sortent pas,

j'avais complètement changé la surface. Cette fourmi connaissait donc la « direction » vers la provende indépendamment de l'heure, c'est-à-dire de la position du soleil.

Une fourmi *Myrmecocystus* recruteuse emporte une congénère d'un nid ancien vers une nouvelle colonie en partant par exemple du Sud vers le Nord. C'est une pure direction qu'elle possède, et je le démontre en capturant la recruteuse au départ, en allant la déposer à 20 mètres de là, latéralement et sur un autre genre de terrain. Cette recruteuse, au sortir de mon chapeau, s'oriente vers le Nord et court pendant plusieurs mètres parallèlement à la ligne Sud-Nord; or elle peut partir dans ce sens à n'importe quelle heure de la journée. Le nid ancien ayant été abandonné à la fin de l'été, j'ai tenté de faire des coupes du nid nouveau situé plus au Nord, à 40 mètres du logis quitté depuis plusieurs jours. Le terrain très friable a cédé et j'ai défoncé le sol pour voir la profondeur de l'établissement. J'ai pu toutefois me rendre compte que la sortie du nid était constituée par une galerie droite quasi horizontale et orientée vers le Sud-Est. Du tas de décombres sont sorties quelques grandes ouvrières qui sont parties sans hésitation vers le Sud en emportant des larves, donc vers leur logis ancien. Je reviendrai sur ce fait très instructif au § 7. La même expérience de capture que ci-dessus, faite avec ces ouvrières, a donné le même résultat. Portées sur un autre terrain, ces fourmis se sont mises à courir droit vers le Sud. Elles possèdent donc la direction vers le nid ancien après plusieurs jours, et cela, indépendamment de la position du soleil au moment de la perturbation ainsi que d'images visuelles, olfactives ou tactiles du terrain compris entre les deux nids. Wasmann, très étonné d'un fait identique chez *Formica sanguinea*, croit à la mémoire visuelle après plusieurs jours de la région plantée d'herbes entre les deux nids (*Zum Orientirungsver-*

mögen der Ameisen, p. 20). Il fallait faire mon expérience de capture.

Encore un exemple pour finir. C'est une observation faite au début de mes études (1); elle m'avait alors beaucoup frappé.

Des fourmis *Messor barbarus* rapportent des graines d'avoine sur un « chemin » très fréquenté, bien droit, et traversant une route. Elles marchent ainsi vers le Sud-Ouest, puis, au contact du pied d'un trottoir, elles prennent à leur gauche, vers le Sud, pour aller vers le gîte dont l'unique orifice est situé à ce pied. Après deux jours, le chemin n'ayant plus été fréquenté, je capture, sur une feuille chargée de graines, des fourmis au bord du trou et je porte le support successivement en divers endroits sur la route, à 4 mètres de distance latérale du chemin de fourmis. Les petites ouvrières descendant de ma feuille et tournent sur la route jusqu'au soir. C'est donc le même résultat que pour l'expérience de transport n° 2, p. 44. Mais les cinq grandes ouvrières observées, ayant pris une graine, partent vers le Sud-Ouest, en des lieux différents de dépôt. Leurs suites de mouvements musculaires ne sont pas celles qu'on leur voyait faire sur le chemin de fourmis, car maintenant elles sinuent beaucoup plus; mais elles se meuvent ainsi dans un certain sens : il y a mémoire de la direction générale vers le Sud-Ouest. Elles arrivent, ainsi conduites à faux, au contact du trottoir beaucoup trop au Sud du gîte, et là elles tournent à gauche, vers le Sud, donc à faux. Elles ont donc la mémoire du sens d'une rotation qu'elles avaient jadis l'habitude de faire au contact d'une tout autre partie du trottoir. Elles paraissent connaître, comme l'homme, la différence entre leur gauche et leur droite indépendamment de la vue, du

(1) Voir : *Trajets de Fourmis*, p. 39, dessin n° 3; Mémoire n° 2, 1910, Inst. Gén. Psychologique.

tact et de l'odorat. Prendre à gauche au contact d'une forme habituelle, n'est-ce pas avoir un rudiment d'une représentation interne du monde environnant? Je reviendrai sur ce point p. 403.

Mes fourmis posées sur la route loin du chemin ancien n'ont pas pris vers le Sud-Ouest et maintenu cette direction au moyen d'une mémoire visuelle, tactile ou olfactive ou de par la position du soleil, quand bien même nous n'aurions pas été à l'ombre. J'aurais pu faire l'expérience à une autre heure. — Ces fourmis ont conservé la pure direction Sud-Ouest du chemin qu'elles parcouraient encore deux jours avant. Je suis bien obligé d'accepter le fait ainsi. Que je ne connaisse pas le processus du phénomène, ni l'organe, cela doit-il m'empêcher d'accepter le fait même?

Si, à la descente de la feuille, j'avais coupé les antennes et verni les yeux de mes cinq fourmis, (chose pour laquelle j'ai une invincible répugnance, étant pénétré de l'idée que cela ne m'apprendra rien en ce qui touche une prise de direction après transport et dépôt autre part), mes insectes n'auraient probablement presque plus bougé. En conclurai-je que c'est par la vue, le tact et l'odorat que mes fourmis prennent la direction vers le Sud-Ouest dans leur état normal? Le résultat de ces opérations chirurgicales me fera tout au plus supposer que la fourmi a besoin d'une certaine quantité d'éclairement, et cela pour les espèces habituées depuis des âges à passer une partie de leur vie au dehors. Mais je puis supposer cela en changeant non pas l'insecte, mais les conditions du milieu, par exemple au moyen de la boîte cylindrique ouverte par le haut et posée sur le disque de Lubbock, puis de la boîte entièrement fermée (p. 91). Les organes restant intacts, je leur laisse la possibilité d'être sensibilisés ou non (1).

(1) Voir : *Le danger des expériences négatives en biologie.*

L'expérience décrite, faite avec des *Messor* capturées au gîte même, non pas au départ du gîte comme pour *Myrmecocystus* emportant une larve ou une congénère, nous fait connaître l'unique exception que j'aie constatée touchant l'expérience n° 2, p. 44 : **Lorsque l'on capture par une provende une ouvrière au bord du gîte même et qu'on la pose autre part, il peut arriver que l'insecte, au lieu de tournoyer comme c'est presque toujours le cas, se mette à marcher dans un sens déterminé de l'espace**, sens qui du reste n'incline pas vers la région du gîte. Ce fait de conservation d'une pure direction après un temps écoulé provient de ce que l'insecte avait marché dans ce sens quelques jours auparavant, en faisant du reste des suites de mouvements musculaires très différentes mais de même orientation générale.

RÉSUMÉ DU § 4.

Une fourmi exploratrice, allant à la découverte, part dans un certain sens, puis conserve et maintient toujours à nouveau ce sens malgré les recherches plus ou moins étendues et compliquées qu'elle peut faire au cours de son aller au loin. Pour le retour, elle marche en sens inverse du sens de son départ ainsi conservé (1).

Cette règle de constance se formule ainsi : Une fourmi exploratrice ayant découvert une provende ou un lieu intéressant, possède à des heures diffé-

Revue des Idées, avril 1911. Forel a très justement reproché à Plateau de ne pas tenir compte de l'état de perturbation et d'anxiété dans lequel on met des insectes en les plongeant brusquement dans une nuit profonde.

(1) Il y a lieu de toujours avoir présente à l'esprit la nuance : Retournant vers la région du nid, ce n'est pas « vers son nid » que la fourmi marche, mais bien « dans un certain sens de l'espace ». Expérience n° 1, p. 31.

rentes et même après plusieurs jours la position approximative de la provende ou du lieu par rapport au nid. Elle la possède du fait de la direction du début de sa première exploration, premier aller au loin qui lui fit découvrir la provende. Un seul aller au loin suffit pour donner à l'insecte un document durable et persistant de pure direction indépendant de la position du soleil, et une estimation approchée de la distance du nid à la provende (fig. 17 à fig. 28). La connaissance du terrain parcouru, acquise par des trajets répétés, ainsi que l'éclairement par le soleil peu élevé au cours d'une marche au soleil, servent très probablement de suppléments d'information, mais de suppléments aucunement nécessaires pour assurer la direction vers le lieu de provende et pour la maintenir.

Les expériences de capture au départ d'un gîte avec dépôt autre part (*Myrmecocystus*), montrent que la fourmi possède de pures directions se rapportant à quelques lieux situés au loin. Que l'axe de référence des directions, axe par rapport auquel l'insecte rapporte ses données sensorielles persistantes de direction, soit une donnée fixe externe, ou que la donnée fixe soit interne dans un organe jouant le rôle que joue peut-être chez l'homme le canal semi-circulaire horizontal (demi-alidade interne, sens des attitudes d'après P. Bonnier), la susdite donnée fixe reste à découvrir.

§ 5. — La recherche de l'orifice du gîte ou tournoiement de Turner (t. T.).

« Turner voit fréquemment les fourmis perdre la

piste et errer dans toutes les directions à deux pas de l'entrée du gîte. » (G. Bohn, *la Naissance de l'Intelligence*, p. 242.) Or les fourmis revenant dans un trajet collectif vont toujours droit au trou, et ce ne sont que des individus revenant isolément auxquels on voit faire la recherche de l'orifice (t. T.). Le lecteur qui aura eu la patience de me suivre jusqu'ici comprendra qu'un tel individu ne perd pas une piste, mais bien qu'il abandonne une pure direction.

J'ai baptisé du nom de Turner ce fait si important et si curieux. Je dis : curieux, parce que le fait surgit après qu'un insecte presque aveugle ou très myope a marché aisément et directement vers la région du gîte, pendant souvent plusieurs mètres. C'est ce fait signalé par Turner qui m'a fait pressentir que le retour en région lointaine ne devait pas être une « reconnaissance », qu'il ne devait pas être l'acte de « chercher sa route » et de « trouver son chemin. »

Le t. T. souvent si complexe dans sa forme doit être un phénomène d'adaptation, souvent des plus compliqués, à partir du moment où l'insecte se sent proche de chez lui par l'estimation approximative de la longueur parcourue au retour.

Souvent aussi l'arrivée au logis est simple et l'on ne constate pas de tournoiement ou presque pas (rencontre de traces rayonnantes serrées près du gîte). — Voici quelques exemples de t. T. : — Fig. 5. Chez les *Messor*, l'insecte abandonnant sa direction G R maintenue jusqu'alors, se dirige tantôt mal, tantôt bien vers l'orifice. — Fig. 6. Une *Messor* F revient de plusieurs mètres de distance, chargée et bien dirigée vers la région du gîte. Recherches locales en R, R. — Fig. 7. Une *Myrmecocystus* F arrive sans charge vers le nid à deux orifices N₁ et N₂. Le t. T. est simple. — Fig 8. Une *Myrmecocystus* F arrive de fort loin et bien dirigée. Elle trouve un point de repère C, car de là elle file bien dirigée vers le trou N qu'elle manque de peu. Ensuite elle saccade aux alen-

tour, mais beaucoup trop vite. — Fig. 9. Courte

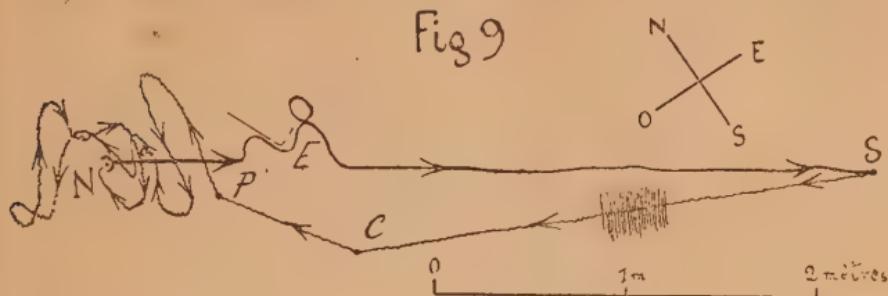


Fig 10

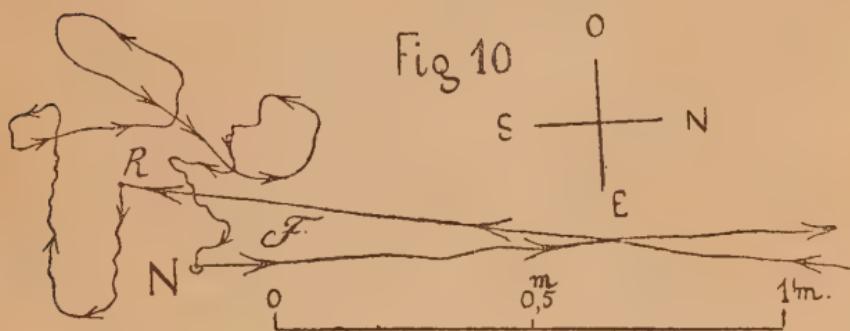


Fig 11

0 10 20 30 40 50 cm.

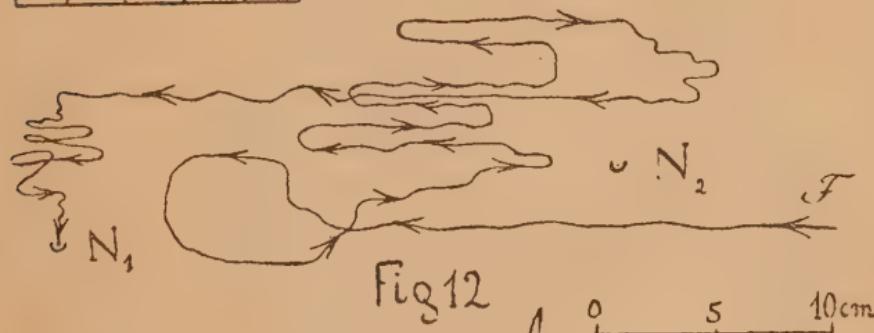
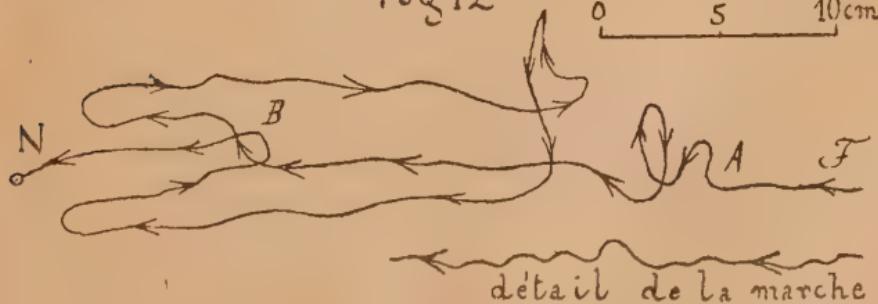


Fig 12



exploration d'une *Myrmecocystus*. L'insecte est parti

rapidement vers le S.-E., puis il a entrepris une lente recherche locale E et il reprend ensuite la même direction. Je donne du sucre en S et la fourmi repart en poussant un gros grain de sucre. Il y a un point de repère en C, car l'insecte se dirige de là vers l'orifice N, mais se trompe sur la distance car il entreprend trop tôt, au lieu P, un pénible t. T. Les hachures figurent des coups de balais donnés pendant que l'insecte venait de repartir de S. — Fig. 10. Une *Myrmecocystus* F était partie vers le Nord et son départ est figuré. Elle arrive au retour un peu au delà du gîte, en R; ce n'est probablement pas un point de repère, car la direction que prend ici l'insecte est mauvaise. Il y a donc très probablement au lieu R une estimation de distance au retour comme unique détermination (?). — Fig. 11. **Un t. T. peut être aplati par la tendance de direction générale du retour.** L'automatisme du retour se manifeste alors encore. Une *Messor barbarus var. sancta* F revient à l'ombre après les pluies sur la boue sèche et comme toujours bien dirigée vers le nid à deux orifices N₁ et N₂. On observe un premier t. T. aplati, puis une attraction olfactive ou auditive de la part de l'orifice. — Fig. 12. Une *Tetramorium c. p.* F, fourmi minuscule, revient de 3 mètres droit vers le gîte sur terre plane de jardin et à l'ombre. La pro-vende qu'elle pousse est volumineuse, la marche est lente et pénible, un centimètre en 5 secondes environ (détail de la marche en grandeur naturelle). L'insecte entreprend en A la recherche du gîte beaucoup trop tôt, fait assez fréquent chez cette espèce. Le t. T. aplati est monstrueux relativement à la longueur des voyages lointains des fourmis de cette espèce.

Selon Turner, « les fourmis seraient guidées par une expérience individuellement acquise. » (G. Bohn, *ibid.*, p. 241 et 243.) Ce savant a expérimenté avec des nids artificiels qui présentent des formes habituelles

très marquées. J'ai étudié pendant deux mois un petit nid d'une petite tribu de *Myrmecocystus* (60 à 80 individus sans compter les petites), nid de terre sablonneuse indiqué par un trou de 1, 5 centimètres de diamètre. J'avais enlevé le petit tas de déblais dès le premier jour. Or, j'ai vu de la part de vieilles ouvrières autant de recherches du trou par tournoiements à l'arrivée à la fin de la saison qu'au début. Je ferai voir au § 9 combien imparfaite était chez ces fourmis à vue distincte la connaissance de la région proche de l'orifice.

Points de repères. — Reconnaître un point de repère, ce n'est pas seulement identifier un point en le voyant, en le touchant et en le sentant pour l'avoir vu, touché et senti auparavant, mais c'est avoir pu instituer jadis le rapport de position entre ce point et le gîte et c'est pouvoir le réinstituer. Pour admettre un tel fait de mémoire associative, il convient d'être très prudent. Probablement, toutes les fourmis sont plus ou moins capables de telles actions? Pour mon compte, je n'ai pu démontrer la reconnaissance certaine de points de repères que pour l'espèce *Myrmecocystus* (§ 9). Pour les *Messor* et autres espèces dont les individus n'arrivent pas lors du retour avec des erreurs latérales supérieures à un mètre par rapport à l'orifice, **on ne sait pas si la fourmi n'est pas déterminée par une estimation de distance ou par l'odeur et l'audition.**

RÉSUMÉ DU § 5.

La recherche du gîte à l'arrivée dans la région proche (t. T.), trajet dont le facteur initial est souvent le fait d'estimation de la distance (Piéron), peut se représenter comme l'arrivée d'un corpuscule sensible dans un champ d'attractions de divers genres. Il y a les attractions à distance telles que l'odeur de l'orifice et l'audition de la

stridulation des congénères, attractions dont la direction varie avec celle du vent et des courants de l'air; puis les attractions de contact de par les traces rayonnantes de congénères, traces plus ou moins serrées suivant qu'un secteur est plus ou moins habituellement parcouru. Chez l'espèce supérieure, *Myrmecocystus*, il y a certitude quant à l'existence de points de repères (§ 9). La forme compliquée des t. T., même chez de vieux individus et à la fin d'une saison, fait voir l'imperfection de la connaissance des environs de son gîte par ses sens ordinaires chez la fourmi de mes espèces.

§ 6. — Collections d'explorations simples ou à une seule orientation générale.

J'estime qu'il est tout à fait oiseux de discuter et de disserter sur les trajets des fourmis sans avoir une collection de nombreux documents complets. Mais pourquoi y a-t-il « motif à collection? » — Quand bien même ce serait possible, on ne collectionnera pas des trajets d'insectes ailés se dirigeant par la vue (d'après Forel, Ferton, Bouvier). La forme de ces trajets dépendra des circonstances fortuites du milieu extérieur. Il en sera de même des trajets d'un insecte marcheur à bonne vue, tel qu'une araignée sauteuse (*Zodarion*) qui voit ses proies à plusieurs décimètres, sait s'en approcher à couvert et les poursuivre. On ne collectionnera pas non plus les trajectoires d'un grain de plomb lancé, car on connaît ici la loi commune. Or, la forme de l'exploration de la fourmi m'apparaît comme une chose intermédiaire. D'une part, elle rappelle les trajectoires de la mécanique par la direction initiale qui, réapparaissant sans cesse, joue le rôle d'une constante de départ; et

en ceci la fourmi apparaît comme un automate, comme une machine dirigée dans un certain sens indépendamment du milieu. D'autre part, on voit la même fourmi (fig. 5) se mouvoir, en espace de recherches, comme un être s'adaptant aux circonstances du milieu extérieur. Il y a donc motif à collection pour voir chaque fois dans quelle mesure la fourmi se comporte comme un automate ou non.

J'imagine que l'automatisme dans les trajets, fait qui donne à toutes les explorations un air de famille, provient de l'étroite ressemblance entre elles que manifestent les fourmis ouvrières dans tous leurs actes, ressemblance qui fait qu'une fourmi rappelle une autre fourmi de même espèce comme un objet ressemble étroitement à un autre objet taillé par le même emporte-pièce. Il est possible que ce soit la spécialisation poussée à l'extrême de leur vie sociale qui ait amené des êtres presque aveugles ou très myopes, donc très inférieurs aux insectes ailés, à agir beaucoup plus automatiquement. C'est l'observation de quelques mutilles qui me fait penser ainsi.

Les mutilles sont des insectes solitaires qui ressemblent beaucoup à de grosses fourmis ouvrières. Forel pense que les fourmis descendent des mutilles devenues sociables dans le cours des âges. J'ai suivi des mutilles pendant des heures et je n'ai jamais vu aucune conservation d'une direction! Donc, aucun automatisme de voyage, aucune routine! Je ne les ai jamais vu porter de provendes, Latreille non plus. Je maintiens avec précaution une mutille de 10 millimètres de long à l'orifice d'un gîte de *Pheidole*, et je la lâche lorsqu'elle est couverte de fourmis rousses et de leurs soldats (ouvrières à puissantes mandibules). Ma mutille s'en débarrasse méthodiquement en coupant en deux les ennemis un par un et s'en va toujours indemne. Une énorme fourmi *Messor* dans le même cas lance ça et là ses puissantes mandibules au petit bonheur; une grande *Myrmecocystus* ne

cherche qu'à jouer des jambes ; les deux finissent par être vaincues. Si Forel a raison en ce qui touche l'ascendance des fourmis, et c'est fort probable, nous aurions l'exemple frappant d'un être solitaire, puissant, non automatique pour ses trajets, dont les descendants apparaissent considérablement amoindris par la spécialisation à outrance et la routine de la vie sociale.

Dans ce chapitre et dans le § 8, j'ai rassemblé les documents les plus intéressants de mes collections. J'ai un grand nombre de voyages ou d'explorations qui sont du type banal des premiers exemples du présent paragraphe. Pour ceux-là c'est toujours la même chose ! Comme on le verra, l'exploration faite par une fourmi comporte toujours une trace de l'aller et une trace du retour qui sont **deux lignes bien distinctes, distantes l'une de l'autre et souvent très distantes**. Je n'ai jamais vu une fourmi exploratrice refaire sa trace de l'aller. Il est bien certain que la fourmi qui peut, chez certaines espèces, laisser intentionnellement une trace odorante derrière elle, trace destinée à mener ses congénères vers une provende ou un lieu intéressant (p. 164), ne laisse lors de son aller au loin en exploration aucune odeur devant servir au retour pour elle-même. L'expérience n° 1, p. 31, montre qu'elle n'a du reste aucun besoin d'un tel document. Il pourra arriver que l'on voie une fourmi isolée faire un va-et-vient en repassant exactement aux mêmes points (*Tapinoma*). C'est une isolée qui suit une fine sente où des congénères l'ont précédée. Ce n'est pas une exploratrice. On s'en rend facilement compte en donnant un coup de balai au devant d'elle, car la fourmi paraît alors très perturbée et se manifeste incapable de traverser l'endroit balayé. L'exploratrice, qui peut quelquefois vaciller et hésiter si le balai a raclé jusqu'à la terre froide ou humide, ne perd pas la direction lorsque l'on balaie, et elle traverse aisément.

Pour ne pas tomber dans l'erreur très répandue, qui consiste à croire qu'une fourmi « revient par le même chemin », on observera attentivement certains cas qui ne sont pas des explorations mais des répétitions. Une fourmi peut retourner à nouveau vers un lieu, puis en revenir, en passant très près des points où elle a passé précédemment ; mais elle ne passe pas à ces points mêmes, ce qui serait le cas s'il y avait une fine sente odorante. Cette fourmi, comme toujours, possède bien la direction générale ; et quant à l'illusion anthropomorphique, qu'elle se guide par la connaissance du terrain, elle se dissipera chez le lecteur qui verra les figures 17 à 28 et leur texte.

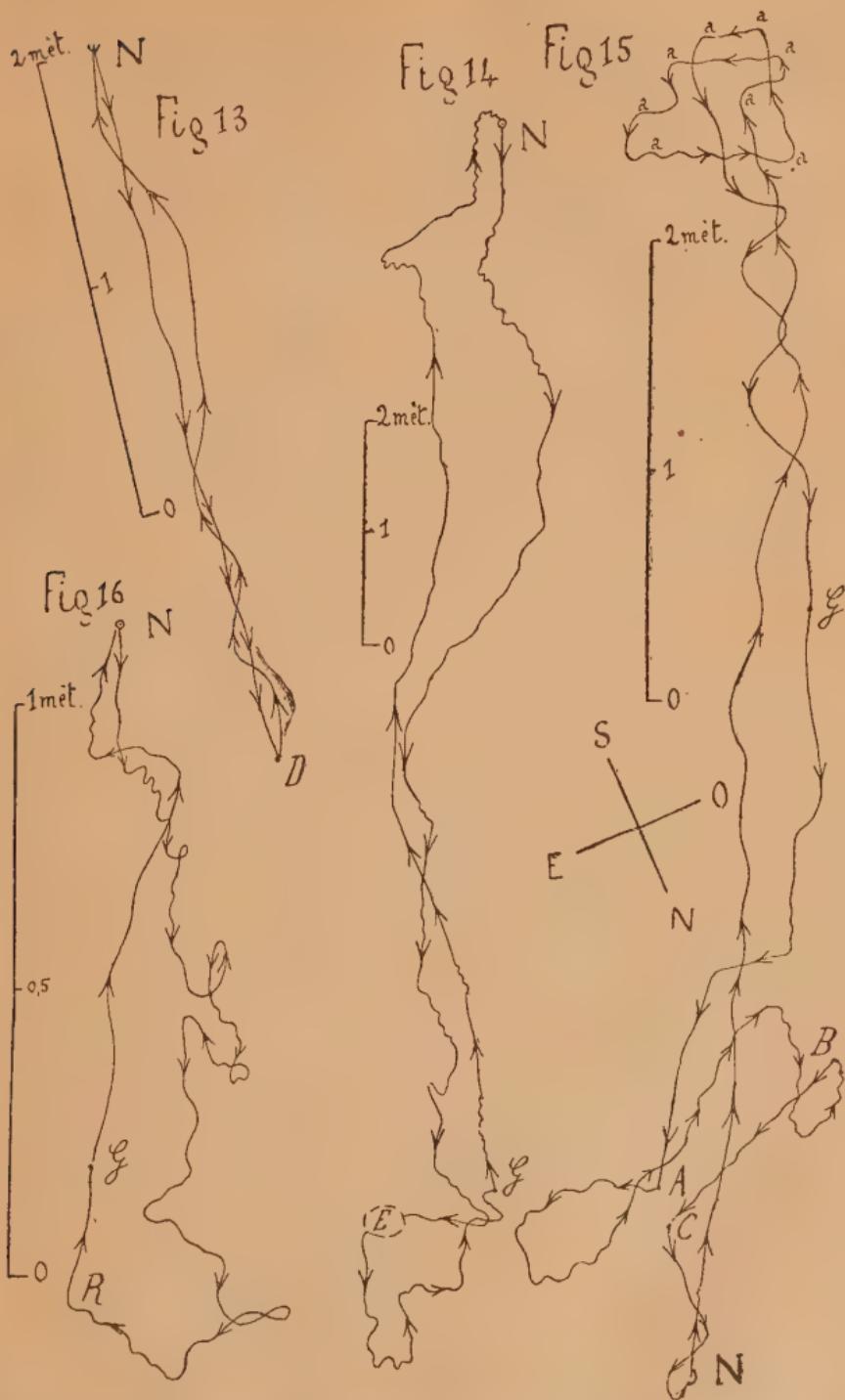
Il est très rare qu'un retour d'un premier trajet au loin soit très proche de la trace de l'aller pour une raison facile à comprendre. Une fourmi partant du nid pour aller au loin arrive rarement sans recherches droit sur une provende. Il lui faut presque toujours chercher, comme on le voit dans la fig. 5. Du fait de ces recherches et des légères erreurs dans les reprises de l'orientation de l'aller, elle se trouvera forcément plus ou moins écartée latéralement lorsqu'elle prend le retour. Comment tant de personnes peuvent-elles supposer qu'une fourmi partie isolément doit être au retour reconduite par sa piste de l'aller, qu'elle doit passer à nouveau là où elle passa, ou qu'elle doit faire à nouveau en sens inverse les mouvements qu'elle fit ? — A l'aller une fourmi cherche, elle tourne, vire, grimpe dans une touffe d'herbes et l'inspecte. Elle a autre chose à faire au retour, surtout si elle pousse ou traîne une charge. Voit-on la malheureuse bestiole reconduite par sa piste ou par une mémoire musculaire réversible des divers mouvements effectués pour aller d'un point à un autre, et ainsi obligée avec sa charge se coïncant ça et là de regrimper aux mêmes brins d'herbe, de revirer où elle vira, de tourner où elle tourna, etc !... Les espèces n'auraient pas pu survivre avec un pareil

travail. — C'est l'orientation générale, direction qui se voit au début de l'exploration, qui réapparaît constamment, puis en sens inverse lors du retour ; ce ne sont pas les détails, bien entendu.

Dans mes dessins, je n'ai naturellement pas pu indiquer les petites oscillations de la marche et les petites sinuosités. En général, le lecteur peut se rendre compte de la vitesse de la course ou de la marche au moyen des détails dans les dessins de la trace. Là où le trajet est festonnant, fortement et courtement sinueux, présentant des boucles, la vitesse de la course est bien plus petite que là où le dessin fait voir une trace bien droite ou une succession de sinuosités longues et très aplatis.

Le fait d'être à l'ombre ou au soleil sera indiqué dans le texte par les lettres O ou S.

Je ferai voir d'abord un de ces trajets dont l'observateur superficiel dit : « La fourmi a pris le même chemin pour revenir. » Fig. 13. S. Matin. Ici, comme dans tous les dessins qui suivent, l'orifice du gîte est figuré pour *Myrmecocystus* par un demi-cercle plus grand qu'en réalité. Le diamètre réel du trou N est de 1 à 2 centimètres. On peut obtenir des trajets du genre de celui de la figure autant que l'on veut en introduisant dans le gîte un corps animal indésirable tel que : cadavre de fourmi de la même tribu, ou mouche morte prise sur du papier tue-mouches. Une grande ouvrière sort bientôt et va déposer l'objet au loin, en un point D. La trace du retour est toujours différente de celle de l'aller. — Fig. 14. O. — Trajet d'une grande *Messor barbarus*, instructif parce que c'est un premier trajet après des pluies ayant recouvert d'une boue à peine sèche tous les environs. Il y a eu de longues recherches infructueuses dans l'espace E. Après avoir pris une graine offerte en G, l'insecte repart avec une légère erreur de réorientation. — Fig. 15. O. Intéressant trajet de *Messor var. sancta* en terrain inhabituel



à la tribu. Départ en oscillations rapides bien droit

sur plus d'un mètre. Longues recherches infructueuses au lieu terminus. Nombreux arrêts indiqués par *a, a, a, ...* L'insecte prend une graine offerte en G, puis entreprend en A, prématurément, la recherche de l'orifice N. La fourmi a été déterminée nettement en B, puis en C (olfaction à distance ou audition des stridulations des congénères au lieu N, ou encore traces odorantes?) — Fig. 16. O. Trajet d'une grande *Messor barb.* Les suites des mouvements musculaires lents de l'aller sont complètement différentes de celles du retour rapide commencé en R. Graine offerte en G. C'est un sens général qui s'est maintenu lors de l'aller.

Fig. 17 à fig. 28. Exploration d'une grande *Messor* suivie de 11 voyages sur terrain sans cesse modifié.

Après un grand vent, une seule grande ouvrière sort d'un large orifice N (4 à 5 centimètres de diamètre) et part en oscillant, mais rapidement et très droit sur 0 m. 50. On voit un premier espace de recherches lentes en E₁, puis un second en E₂. Je pose un paquet de graines de platane serrées et en chevêtrées devant l'insecte, au lieu G₁. La fourmi repart de là avec une excellente réorientation, cherche le gîte au lieu r, puis à bonne portée. Cette fourmi a abrégé parce qu'elle n'avait pas à rechercher de provende au retour et elle a pu abréger parce qu'il lui suffit d'avoir marché droit sur 0 m. 50 au début de l'exploration pour posséder un document de pure direction permettant d'abréger (1). Pendant que la fourmi est dans le nid, je balaie le sol jusqu'à un centimètre environ de profondeur. Ce sol est recouvert de poussières, sables et terre meuble sur 2 à 3 centimètres d'épaisseur. Je balaie aussi le pourtour de l'orifice. Fig. 18 : l'insecte sort et part

(1) Voir à ce propos les deux premières pages du § 8. (Interprétations).

Fig 17

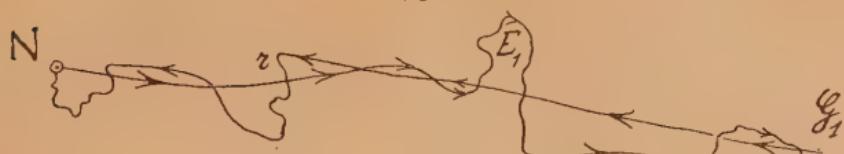


Fig 18



Fig 19



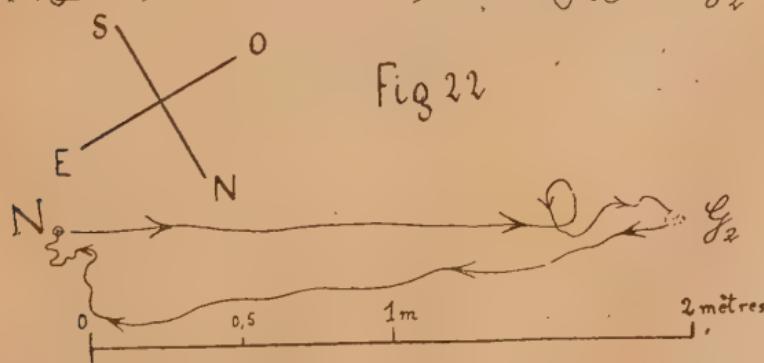
Fig 20



Fig 21



Fig 22



sans la moindre hésitation de nouveau vers le N.-O., mais commence à chercher les graines environ 0 m. 50 trop tôt. Pour ne pas perdre de temps, je prends les graines du lieu G₁ et je les pose en G₂ où elles resteront par la suite. Entre chacun des voyages de ma fourmi, j'ai transformé complètement la surface du sol, enlevant puis ramenant les matériaux. Avant le retour du septième voyage, fig. 24, j'avais balayé jusqu'à la terre molle et humide. La pointe aiguë de la longue graine portée par la fourmi sous elle a dessiné un festonnement sur le sol; je l'ai indiqué schématiquement. Dans fig. 25, j'avais disposé de petites vagues de sable sur la terre nue. L'exploration de fig. 17 avait eu lieu à 9 heures et demie et le onzième voyage de fig. 28 à 11 heures trois quarts, moment où le terrain, à l'ombre jusqu-là, a été chauffé par le soleil, fait qui, perturbant la fourmi, l'a déterminée à revenir hâtivement sans emporter de graine cette fois-là. On voit qu'à plusieurs reprises l'insecte a estimé en trop court la distance entre le gîte et les graines.

Ainsi voilà un insecte quasi aveugle, à plusieurs mètres de troncs d'arbres, et ma personne changeant de place, ne voyant pas le soleil, partant chaque fois sur un sol modifié, sans hésitation, sans recherches, avec des erreurs d'orientation minimes, **et toujours dans la direction qui fut celle des 50 premiers centimètres de son tout premier voyage.** Un homme placé dans les mêmes conditions (presque aveugle) serait obligé de se repérer chaque fois pour pouvoir repartir. Sur quoi la fourmi se repère-t-elle? Tant qu'un axe de référence fixe situé dans le milieu extérieur n'aura pas été découvert, je m'en tiendrai à l'opinion que j'expose au paragraphe 7, p. 107 : « **Du fait d'avoir oscillé en ligne droite** dans un certain sens sur 0 m. 50 au début, il se crée chez cette fourmi une donnée sensorielle persistante de pure direction, et c'est à ce

document interne que l'insecte s'en réfère auto-

Fig 23



Fig 24



Fig 25



Fig 26

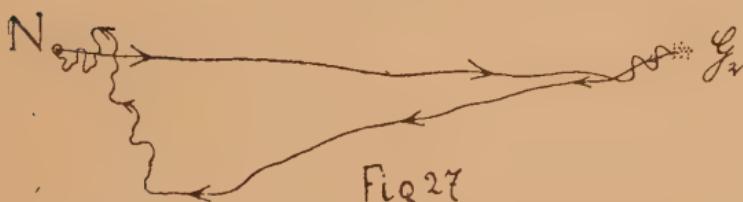
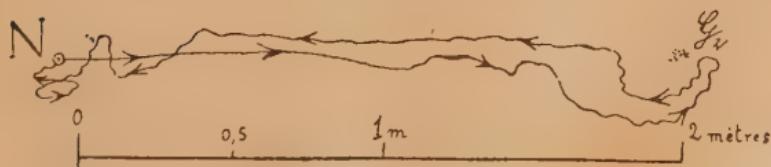


Fig 27



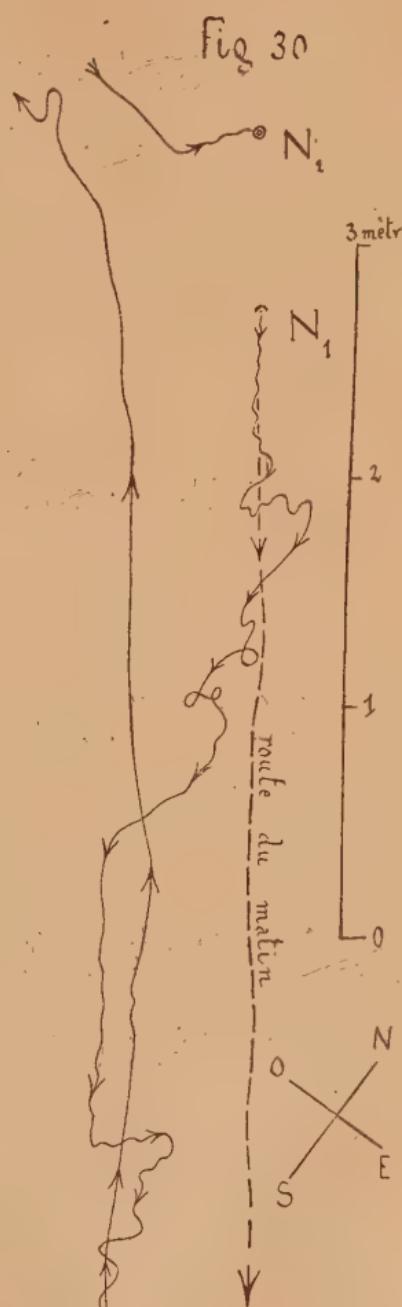
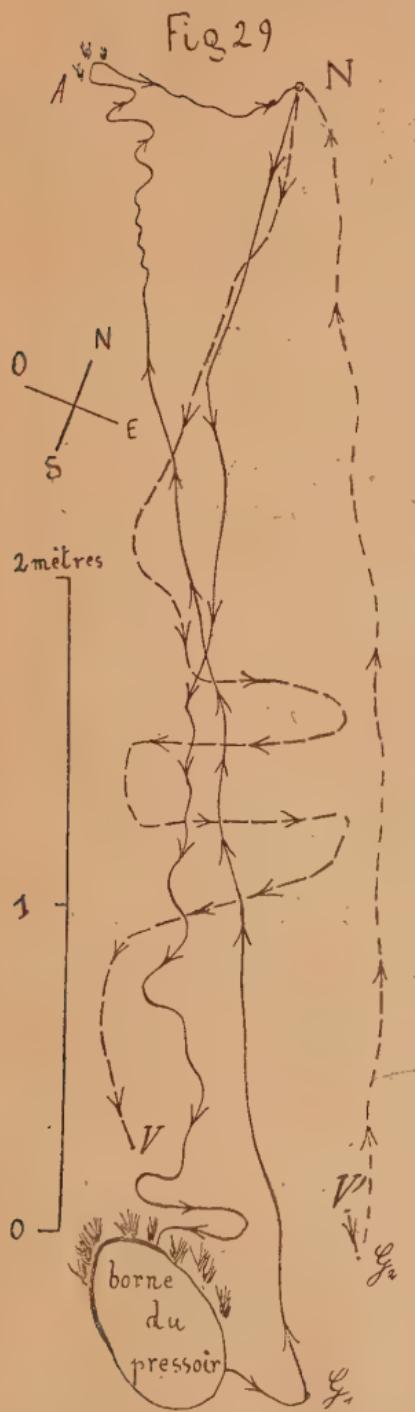
Fig 28



matiquement et inconsciemment dans la suite ».

Fig. 29. Les *Messor* d'un nid N situé au bord d'une route n'ont pas pu de toute la matinée traverser la route vers le S.-E., pour aller chercher des graines de raisin pressé éparses aux alentours d'un pressoir. Un violent vent d'O. les en a empêchées. Vers 10 heures, une très grande ouvrière sort cependant et part vers le Sud (ligne pleine dans le dessin) sur le sol de la route qui a été balayé par le vent. Maintenant un même sens, Sud, l'insecte arrive dans des herbes, sous la borne du pressoir, trouve une graine G₁, et revient jusqu'en A d'où il se dirige bien vers le gîte (olfaction ou audition?). La fourmi sort à nouveau par l'intéressant trajet en tirets, est emportée par un coup de vent de V en V', se replace de façon à marcher comme avant jusqu'en G₂ où elle trouve une graine.

Ces voyages ayant été faits au soleil, la fourmi a pu être aidée dans le maintien de l'orientation par la vue de la position du soleil (voir p. 93), mais **ce n'est pas sur cette position qu'elle a pu se repérer pour prendre au départ la direction vers la borne où se trouvent les graines éparses**, car elle aurait pu, sans vent, partir dans cette direction à sept heures aussi bien qu'à dix heures. C'est ce que nous enseigne encore mieux la figure suivante. — Fig. 30. D'un nid à deux orifices N₁ et N₂ les fourmis *Messor* vont pendant la matinée au S.-E. en suivant une route permanente (tirets) et rapportent des graines sur le sol poussiéreux. Pendant que les insectes ne sortent pas, aux heures chaudes, j'ai balayé fortement le sol ainsi que le pourtour de l'orifice, arrosé, puis étendu du sable fin. L'après-midi, une grande ouvrière sort, au soleil, se manifeste perturbée par l'absence de la route du matin, mais **elle en possède visiblement la pure direction** indépendamment de la position du soleil, toute autre que celle du matin. Je donne une graine en G, l'insecte revient avec un fort écart latéral et je ne dessine pas le long t. T. qu'il a fait avant de retrouver l'orifice N₂.



Myrmecocystus cataglyphis bicolor. — Sur.

une cinquantaine de courses lointaines de cette fourmi à courte vue distincte, j'en ai douze à deux orientations générales dont neuf données au § 8. L'espace me manque pour pouvoir donner plus de trois courses simples ; j'ai choisi chacune d'elles d'un type très commun, sauf la troisième (fig. 33). — Fig. 31. Type de la grande exploration en course rapide, sous des eucalyptus, où l'insecte manque mainte provende toute proche de lui et fait une grande recherche finale lentement mais infructueusement dans la poussière d'une route. Prise du retour toujours très nette en un point R, recherches dans des herbes, puis trouvaille en course modérée d'un lieu connu C (mémoire visuelle, voir § 9). — Fig. 32. Type d'exploration lente. Au soleil, mais le même genre se voit à l'ombre aussi. L'insecte a transporté à l'écart une congénère morte, au lieu D, puis a compensé l'écart et repris la direction primitive dans la poussière épaisse. Nombreux petits espaces de recherches avec arrêts figurés schématiquement. Trouvaille de débris isolé en T. — Fig. 33. Type de voyage dont la forme est influencée par la vue d'une maison blanche. Au soleil jusqu'à la maison, mais ensuite à l'ombre d'un grand hangar non dessiné et abritant la maison et la cour. La fourmi, avant de prendre la direction initiale, fait une courte et lente sortie latérale, fait rare qui se voit quelquefois chez cette espèce. Elle arrive en course modérée contre la maison, en perçoit le mur blanc car elle le longe puis le tourne. Ensuite elle décrit deux boucles et fait une longue recherche *r* dont je donne les limites par des tirets. Après 12 minutes elle quitte le lieu par une course rapide de A en B où commence dans la cour une nouvelle recherche, très étendue *r* mais infructueuse, de plus de 30 minutes. Elle se décide enfin au retour en C et fait à toute vitesse les 6 mètres de C en D, trajet bien orienté au cours duquel elle ne voit pas le soleil et qui l'amène à venir buter, lancée contre le mur de la maison.

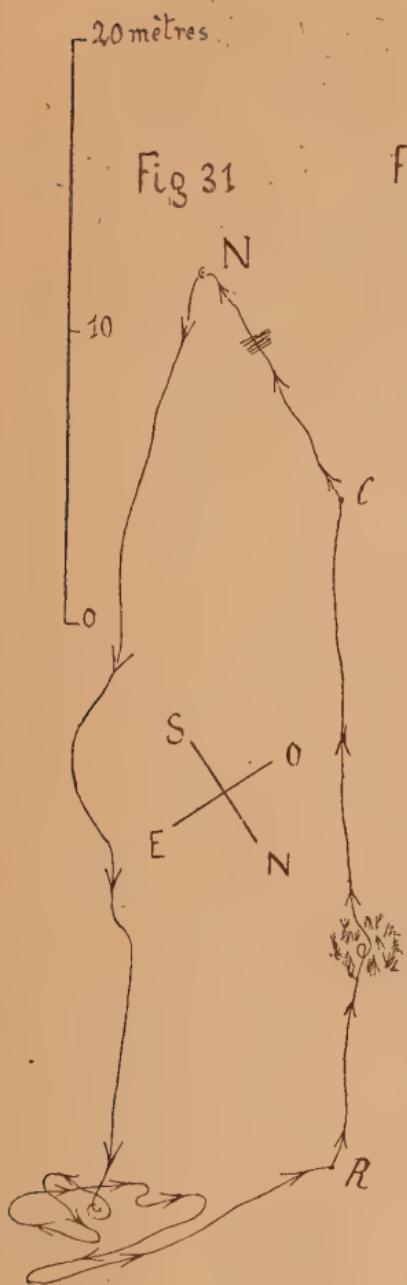
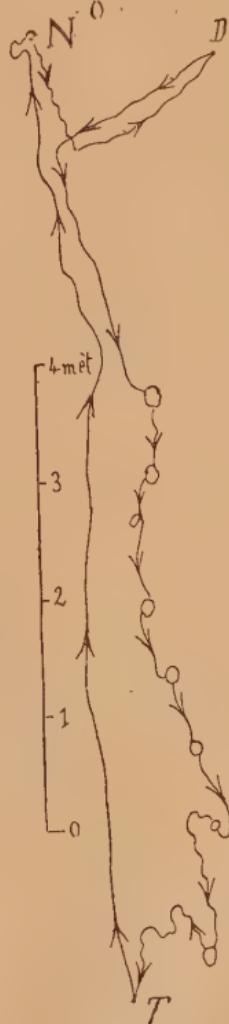


Fig 32

E
N — S



qu'elle n'a donc pas perçu cette fois et qu'elle tente

d'escalader comme elle le ferait d'un tas de pierres. Après être montée deux fois à 0 m. 30, elle longe la maison et revient bredouille.

Tapinoma erraticum nigerrimum. — Il est bien rare de pouvoir surprendre la petite fourmi noire commune partant seule de la fourmilière. Généralement il sort une compagnie, petites et moyennes, derrière une grande fourmi, qui perdent après quelques centimètres le contact les unes des autres. Ce sont alors autant d'exploratrices voyageant **dans un même sens** en cherchant; elles n'arrivent à aucun but et reviennent le plus souvent bredouille. Cette fourmi **très odorante**, encore plus aveugle que les *Messor*, **ne revient pas par sa trace de l'aller**, quoiqu'elle soit capable de laisser lors d'un deuxième voyage une trace odorante pour indiquer aux congénères qu'elle a trouvé quelque chose (Santschi, p. 164).

Fig. 34. O. Le nid est caché sous de grand tas de feuilles, tas limité par des tirets. Je découvre une grande *Tapinoma* sur une place en train de faire un espace de recherches E de 12 à 15 centimètres de diamètre. Elle prend ensuite vers le S.-E., fait une excursion latérale, reprend vers le S.-E. et me mène jusqu'en R où elle prend le retour. Elle a fait au cours de cet aller 16 espaces de recherches! Elle en fait 5 au retour et passe au lieu A non loin des congénères F de la compagnie, qui toutes progressent vers le Sud-Est (flèches F, F,...). Retour bredouille. — Fig. 35. Très souvent l'exploratrice de *Tapinoma* est une grande ouvrière qui **se détache** en un lieu A d'un « chemin » de congénères. A partir de A tout se passe comme si elle était partie du nid même. Le nid N est au pied de la falaise d'Ain Taya, ce qui fait que la plus grande partie du trajet est à l'ombre. Il y a « chemin » très fréquenté de N jusqu'à un scarabée mort en P. D'ici quelques grandes se détachent et partent en exploration sur la plage de graviers. Je suis une ouvrière qui s'est détachée vers le N.-E. en A, un mètre avant

le lieu P. Elle a fait 9 espaces de recherches infructueuses larges de 0 m. 40 à 0 m. 50. On aurait dit, en

Fig 35

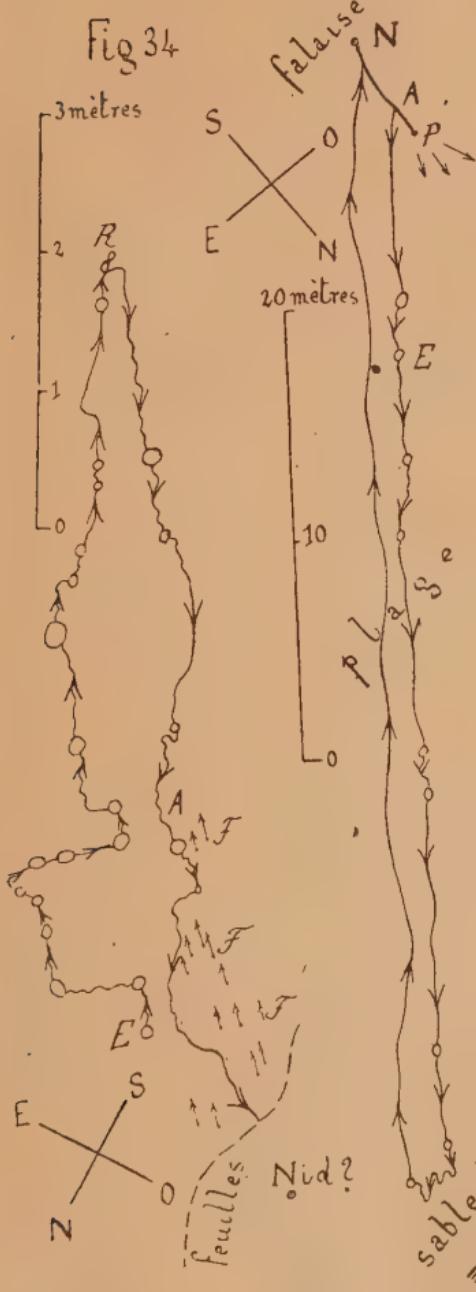


Fig 34

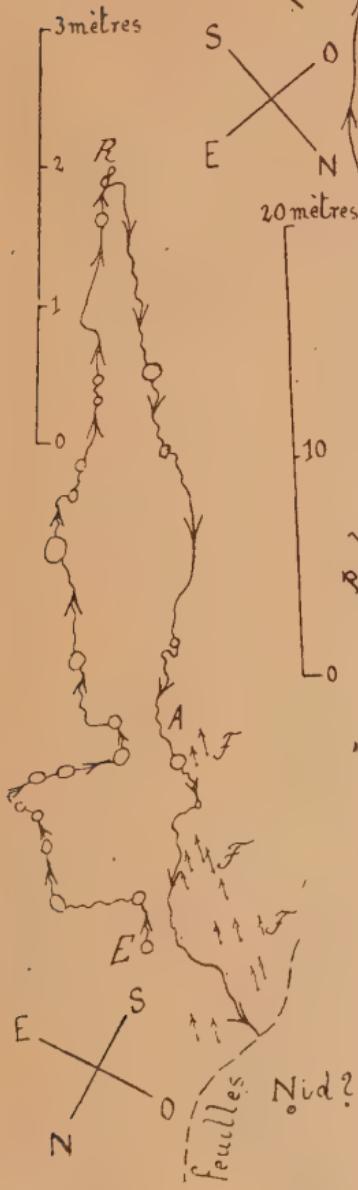
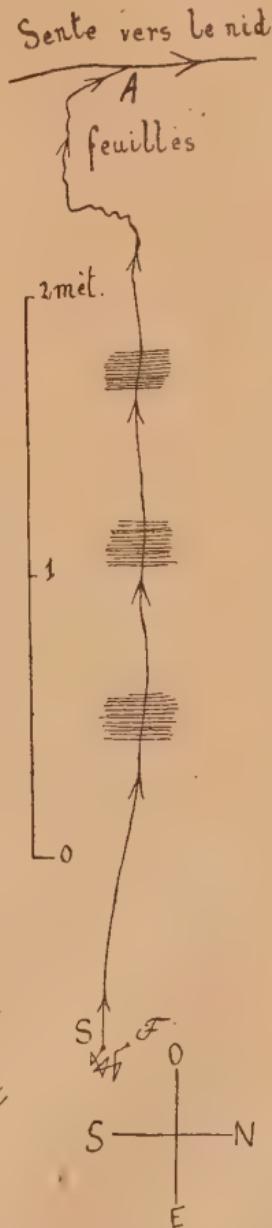
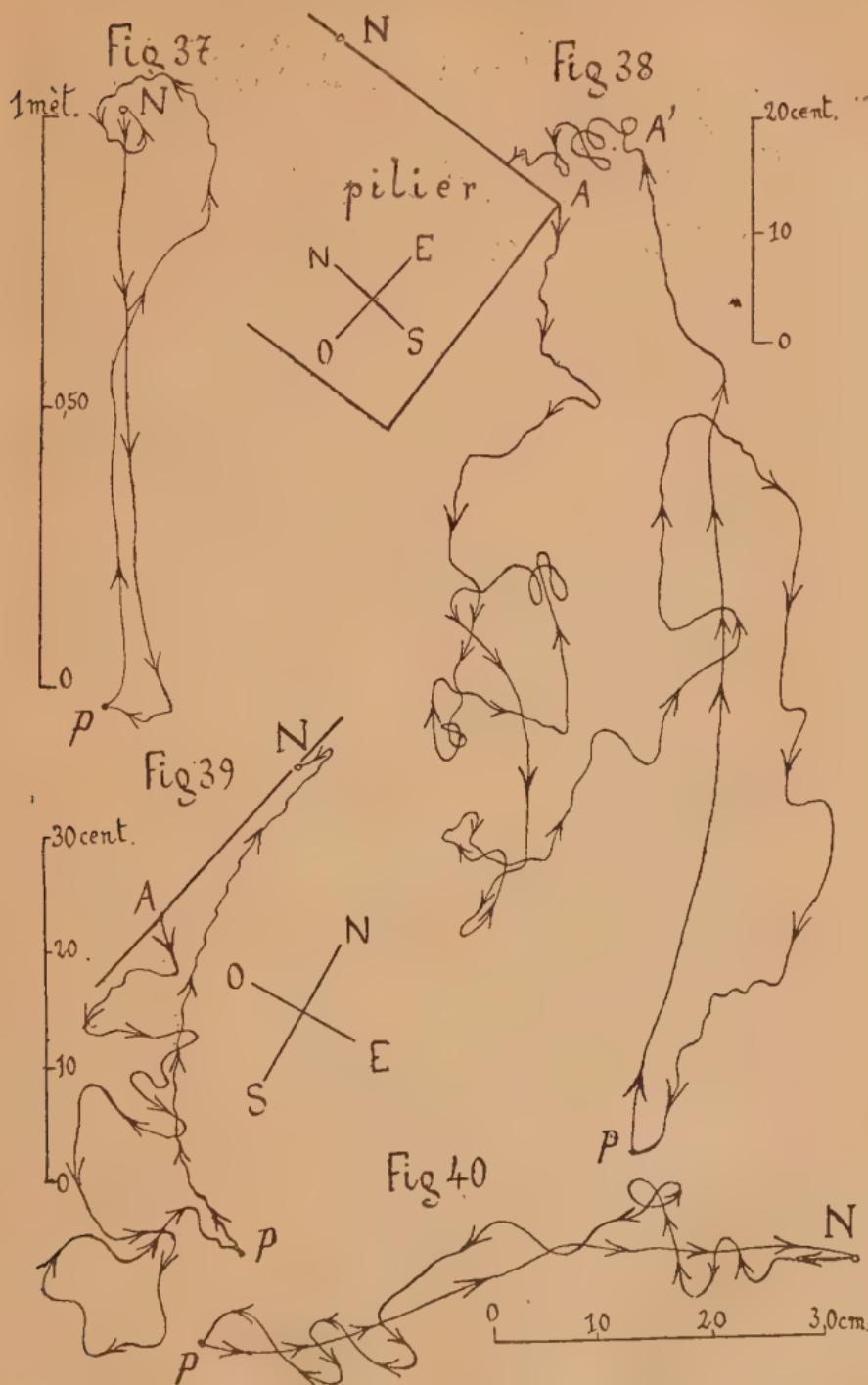


Fig 36



petit, un chameau vaguant ça et là dans les creux des grandes dunes en cirques du Sahara. Alors que j'observe ma fourmi dans le deuxième espace de recherches E, des spectateurs s'approchant croient voir là une fourmi égarée. Je parie alors et à coup sûr, que cet insecte, voyageant à l'ombre de la falaise, sera fatallement régi par l'orientation Nord-Est dans la suite, qu'il reviendra quasi parallèlement et qu'il sera ainsi forcément amené à recouper le pied de la falaise. Le dessin montre que la fourmi a recoupé le « chemin » entre A et N. — Fig. 36. A l'ombre, sur terre de jardin. Une grande *Tapinoma* F isolée cherche. Je lui jette des bribes de sucre S. Elle en emporte une rapidement et trois coups de balai entamant profondément la terre au devant d'elle ne la dérangent aucunement. Elle arrive dans des feuilles, puis reprend en A une fine sente où je vois ça et là de rares congénères. Il n'est pas nécessaire de supposer ici que l'odeur de la sente ait un sens (odeur polarisée) indiquant vers le nid. Cet insecte avait quitté la sente autre part et était parti en exploration sur sa gauche; au contact de la sente lors du retour, il reprend sur sa droite sans hésitation. Comme on le verra au § 8, **la fourmi a la mémoire des angles décrits et du sens dans lequel ils ont été décrits à l'aller.** Certains hommes l'ont aussi, dans une certaine mesure.

Espèces minuscules. — Je n'ai qu'une cinquantaine d'observations pour ces espèces, ce qui est bien loin d'être suffisant. Pour les deux tiers des cas je n'ai vu que la reproduction en petit des explorations simples des grandes espèces. Pour un bon tiers certaines caractéristiques apparaissent exagérées. Souvent les sinuements à l'aller sont en proportion bien plus forts que pour *Messor* et autres grandes fourmis. Les t. T sont commencés quelquefois beaucoup trop tôt, ce qui dénoterait une très défective estimation de la distance chez certains individus. — Je ne donne



ici que les documents les plus curieux de ma collec-

tion. — Fig. 37. O. Une minuscule *Tetramorium* (?) sort d'un trou quasi imperceptible en terre battue de jardin. Je lui ai donné de la provende en P. Enorme erreur sur la distance au retour et t. T. disproportionné en forme d'élégante spirale, fait très rare. — Fig. 38. Sur terrasse de ciment, à l'ombre, une *Pheidole* sort du trou N après que je viens de laver l'emplacement à grande eau. Elle suit le pied d'un pilier, forme connue, et son exploration lente commence à l'angle A. On voit que tout le voyage est constamment régi par la direction initiale à partir de A qui est S.-O. ou par son inverse. Provende donnée en P, retour quasi droit. En A' l'insecte paraît estimer ou sentir qu'il est à hauteur de A. — Fig. 39. O. Un des rares trajets anormaux. Sur un escalier que je viens de laver, une *Pheidole* est conduite de N en A par le pied de la marche et part de A vers le S.-E. Prenant ma provende en P, elle repart comme si elle voulait retourner en A d'abord, pour prendre sur la droite ensuite, c'est-à-dire par deux orientations reprises en sens inverse au retour (voir § 8). — Fig. 40. Forme de trajet très fréquente chez *Pheidole*. On a donné une provende en P. — Fig. 41. Trajet de *Tetramorium* constituant une rareté. L'insecte part au loin par d'énormes sinuosités. Cependant ce voyage a un certain sens qui est celui du Sud et que j'indique par une ligne idéale en tirets qui serait à peu près l'axe de la sinuosité. Cette fourmi a le sentiment du sens de son voyage, car dès qu'elle est en possession de mon sucre S, elle revient sans hésitation et avec une erreur minime de réorientation. Capturée au gîte N et posée au lieu S, cette fourmi aurait tournoyé (expérience n° 2, p. 44); le retour est toujours fonction de l'aller effectué. Mais comment se sent-elle à hauteur du gîte pour commencer le t. T. en spirale? — Une estimation de distance au retour devrait la faire aller passablement plus loin. Elle a senti quelque chose du trou minuscule. puisqu'elle a pris

Fig 42

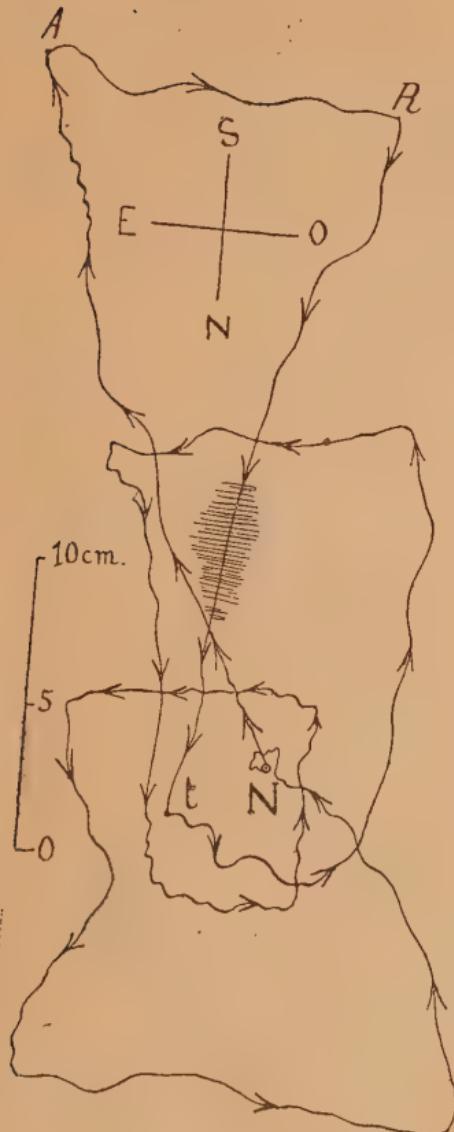
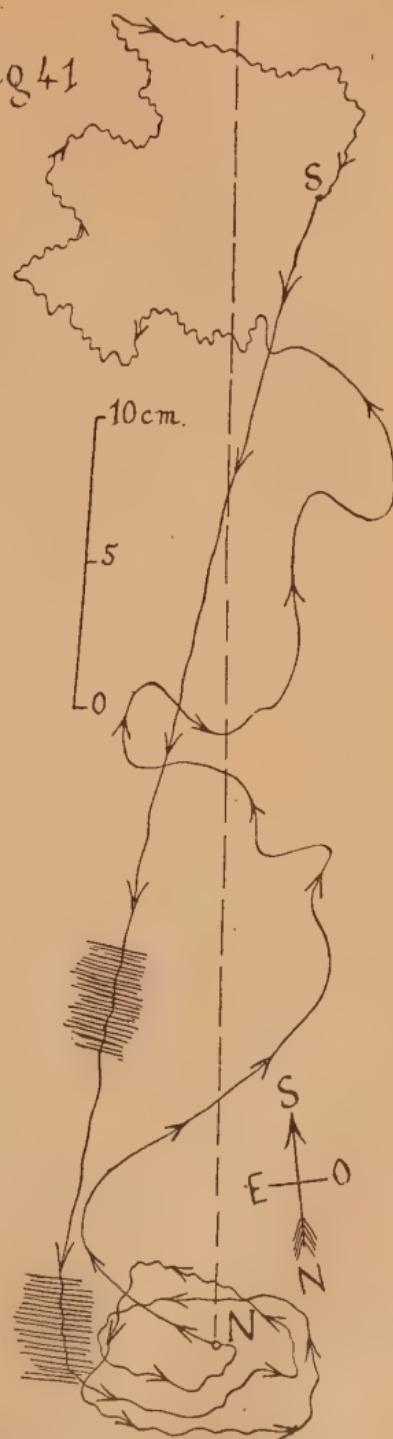


Fig 41



bien vers sa gauche en commençant le t. T. et sur la

surface balayée. — Fig. 42. O. Ce trajet de *Tetramorium* sur terre de jardin est un des rares monstres dans la famille des explorations de fourmis. Nous voyons bien un aller très régulier de N en A, puis un retour bredouille de R en t, lequel retour n'a pu s'effectuer ainsi que grâce à l'aller NA fait par l'insecte, mais que signifie l'excursion latérale AR non compensée en prenant le contrepied de R vers A? Au § 8 on verra que dans les explorations à deux orientations générales successives, la fourmi ne ferme pas le triangle, mais qu'elle revient par le contrepied des deux orientations de l'aller. Faut-il voir dans fig. 42 une tentative de fermer un triangle NAR? — Le monstrueux t. T., à partir de t, est en spirale, forme dont je n'ai en tout que 3 cas (fig. 37, 41 et 42).

RÉSUMÉ DES COLLECTIONS D'OBSERVATIONS DIRECTES DE L'AUTEUR.

Un voyage au loin d'une exploratrice de mes espèces n'est pas d'une forme quelconque. Toutes les explorations et voyages se ressemblent plus ou moins. Il y a comme un air de famille, comme une invariante biologique. Une fourmi partant au loin, on peut après quelques minutes prévoir dans une certaine mesure ce qui se passera en tant qu'orientation de l'aller et du retour. On ne le peut naturellement pas en tant que détails et longueur du voyage. Si des recherches latérales interviennent on peut parier presque à coup sûr qu'elles seront compensées dans la suite.

L'air de famille dont il s'agit est constitué, comme tous les airs de famille, par la réunion de caractéristiques se présentant chacune avec un degré d'intensité plus ou moins élevé. J'en distingue nettement quatre :

1^o Les lignes constituant un voyage sont des lignes sinuuses, c'est-à-dire à alternances. Ces lignes sont souvent séparées les unes des autres à l'aller par des espaces de recherches, tours complets de l'insecte sur lui-même, boucles, doubles boucles, lieux qu'explore l'insecte d'une façon plus ou moins prolongée ou compliquée.

2^o Les axes d'alternance de ces sinuosités sont presque rectilignes.

3^o L'orientation de ces axes réapparaît constamment dans des limites angulaires plus ou moins étroites et généralement très étroites.

4^o Au retour, les mouvements musculaires, oscillations et sinuosités, mouvements dont les détails sont très différents de ceux de l'aller, s'équilibrivent autour d'un axe dont l'orientation est en sens inverse celle des axes de l'aller. Il y a mémoire de la direction de lignes d'équilibre, de la direction des axes des sinuosités, mais nullement mémoire de mouvements musculaires successifs.

§ 7. — Interprétations.

« Une fourmi exploratrice allant à la découverte part dans un certain sens, conserve et maintient toujours à nouveau ce sens malgré les recherches compliquées qu'elle peut faire en cours de son aller au loin. Pour le retour elle prend en sens inverse du sens de son départ ». Cette règle de constance explique bien des faits. Quand je dis « explique », entendons-nous bien! Elle permet de ramener le problème du retour au problème de l'aller et par suite au problème du début de l'aller. Nous avons fait un pas, car nous comprenons maintenant comment il se fait qu'une fourmi presque aveugle soit

ramenée aisément et rapidement de très loin vers la région de son gîte. Mais justement à cause de ce pas fait, ce qui nous permet de répondre à certaines questions, d'autres questions surgiront. Toute explication humaine ne peut rendre compte que de fragments dans la suite des phénomènes qui s'enchaînent par la relation de cause à effet.

Parmi les faits que nous pouvons maintenant expliquer, il s'en trouve un d'ordre général. — Lorsqu'après avoir établi mes résultats principaux, j'ai lu les auteurs qui ont écrit sur l'orientation chez les fourmis, la constatation à mon avis la plus importante que j'aie pu trouver est celle qui a été faite par Bethe. Beaucoup d'observateurs l'auront faite aussi, mais Bethe fait remarquer la chose, il en paraît frappé, on dirait qu'il sent qu'il y a là un fait général important. « Bethe a remarqué, en faisant circuler des fourmis sur des papiers enfumés, qu'elles avaient une tendance à abréger leur route au retour, les circuits du retour étant inscrits dans ceux de l'aller, si bien qu'au bout d'un certain temps elles se dirigeaient en ligne droite (entre leur nid et un morceau de viande, par exemple). Bethe explique la chose en disant que les fourmis ont une tendance à marcher en ligne droite, mais ça n'explique rien.» (Claparède, *l'orientation lointaine*, p. 158.) — En effet, comme le dit Claparède « ça n'explique rien », c'est une constatation, mais elle est importante parce que d'ordre général. La constatation soulève de suite les questions : « Pourquoi les fourmis abrègent-elles au retour? Comment peuvent-elles abréger et n'ont-elles pas besoin du contact de leur trace de l'aller? »

Maintenant que nous avons appris à connaître les deux états de la fourmi au cours de l'aller, c'est-à-dire l'état de recherches et l'état de direction générale (p. 52), on comprend facilement la tendance à abréger au retour. La fourmi qui manifeste par les reprises de la même direction au cours de l'aller

qu'elle est en possession de la direction du début n'a aucun besoin de chercher ou d'explorer au retour lorsqu'elle rapporte une provende. Elle obéit alors, au retour, d'une façon continue à son document de pure direction provenant de l'aller, elle oscille ou ne fait que de faibles sinuosités (fig. 17). Je ferai voir au chapitre II, p. 159 que les congénères qui, éventuellement, imitent une fourmi *Messor* ayant découvert une provende, partent dans le même sens en sinuant fortement et cherchant toujours dans ce sens sans suivre l'une des deux traces de l'exploratrice. Découvrent-elles la provende à leur tour, alors tout se passe ensuite comme pour la première; elles abrègent au retour.

Cette tendance à marcher en ligne droite que Bethe, lequel a étudié les trajets collectifs, voit chez les individus allant à une provende et en revenant, nous la trouvons déjà au cours de l'aller de l'exploratrice qui découvrit ladite provende. Elle apparaît ici bien plus intéressante parce que c'est là le premier trajet, le fait naissant, et parce que ladite tendance se voit nettement interrompue ça et là comme par une autre tendance, qui est tendance aux recherches locales.

La tendance à marcher en ligne droite, tendance qui reprend chez l'exploratrice dans le même sens après chaque espace de recherches simple ou compliqué, s'explique donc, à mon avis, du fait de son départ au loin. L'observation détaillée de la forme de beaucoup d'allers au loin m'amène à dire : La fourmi exploratrice continue constamment dans un même sens parce qu'elle avait commencé dans ce sens. Les fourmis peuvent abréger parce qu'elles possèdent leur direction générale pour le retour du fait du début de leur aller. Ayant donné cette explication de la tendance générale que Bethe a eu grandement raison de faire remarquer, j'en reviens au fait initial avant de poser la question : « Mais com-

ment fait la fourmi pour conserver ce sens du début de l'aller? »

Mes fourmis exploratrices s'en vont donc au loin **par des rayons**, elles s'éloignent par le plus court, quelquefois en sinuant. Un tel insecte partant rapidement sur terrain nouveau (après les pluies ou terrain balayé) très droit devant lui, fait croire à bien des gens qu'il va à un but précis et par un sentier invisible. Or il n'y a pas de but : neuf exploratrices de *Messor* sur dix reviennent bredouille de leur longue exploration. Chez une fourmi *Myrmecocystus*, nous aurons au début une course rapide par un rayon de 2 à 4 mètres, chez une *Messor* de 0 m. 30 à 1 ou 2 mètres, chez une fourmi d'espèce minuscule ce sera par un rayon de 0 m. 10 à 0 m. 30 de longueur.

Deux classes d'hypothèses se présentent maintenant pour expliquer le fait de la conservation de l'orientation du début de l'exploration au cours de l'aller : ou bien la fourmi exploratrice marche droit au début, puis dans la suite, en maintenant presque le même angle par rapport à un axe de référence fixe du milieu extérieur à elle, par exemple la direction du rayon solaire ou l'axe magnétique ; ou bien elle marche par rapport à un document interne fixe et ayant pris naissance dans le sensorium du fait de la marche droite au début. Je ne ferai qu'effleurer une troisième possibilité qui risquerait de nous entraîner dans la métaphysique : l'espace serait quelque chose de tout autre pour la fourmi que pour l'esprit humain. Ce dernier, esclave des formes de son entendement, est toujours obligé de rapporter une direction de l'espace à une direction fixe pour pouvoir concevoir la première. La fourmi pourrait peut-être posséder une direction « en soi », ce qui équivaudrait à posséder une parcelle de l'absolu, et nous devrions alors logiquement faire pour elle ce que le philosophe égyptien avait fait pour le scarabée sacré : la mettre au rang des dieux.

Premier genre d'hypothèse : axe de référence fixe situé dans le milieu extérieur. Repérage externe. — Il est clair que le maintien d'un même sens, ainsi que les reprises dans ce sens en cours de l'aller au loin, ne dépendent en rien de la mémoire d'images visuelles, tactiles ou olfactives, puisque des grandes ouvrières après une pluie diluvienne qui a tout modifié aux environs, ou sur un terrain balayé y compris le pourtour du trou, partent rapidement par un rayon et voyagent de la façon susdite.

Mais, sans avoir de vue distincte, une fourmi doit pouvoir percevoir l'éclairement en général et ses différences. J'ai fait voir p. xvi que mes fourmis ne voient pas de telles différences, **plages** d'ombres ou **plages** claires, lorsque ces différences se situent sur le **plan horizontal**. Mais la fourmi se meut dans un **espace** plus ou moins éclairé et là elle est soumise probablement aux variations de l'éclairement.

Quel peut-être cet éclairement? — Il est direct ou diffus. Lorsque l'insecte marche exposé à un éclairement dont la propagation se fait dans un même sens de l'espace, nous disons qu'elle est exposée aux rayons parallèles du soleil, et si cette propagation se fait centrifugalement à partir d'une source lumineuse proche, nous parlerons des rayons d'une bougie par exemple. Dans ces cas, l'éclairement est direct, il y a une source lumineuse qui prédomine. A l'ombre d'une futaie par contre il n'y a pas d'éclairement prédominant, pas de rayons ayant une direction précise. La lumière du soleil, en supposant que le temps ne soit pas trop sombre, frappant le dessus des arbres pénètre ça et là réfléchie sous le couvert. Il y a là une foule de sources lumineuses diversement placées et leurs rayons sont encore réfléchis par tous les objets tels que troncs, feuilles, rochers, etc... Ici l'éclairement est diffus. A l'ombre d'une maison, quoique la chose soit moins complexe, il n'y a plus d'éclairement

direct non plus, plus de propagation dans un même sens, plus de rayons. La fourmi n'y voit plus le soleil par exemple.

Pour comprendre le rôle de supplément d'information, de renseignement surajouté, que joue un éclairement direct lorsque la fourmi s'y trouve exposée, il est nécessaire de s'astreindre à analyser dans le détail les expériences classiques du disque de Lubbock.

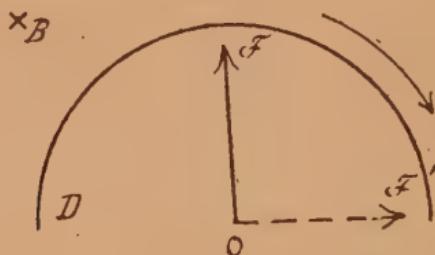


Fig. 43. — D disque de Lubbock. Une ou plusieurs fourmis en marche droite de O vers F se trouvent placées dans la direction OF' après rotation du disque. Elles se replacent dans leur direction ancienne OF aussi bien dans un éclairement diffus qu'à la lumière d'une bougie B immobile.

Premier cas. — J'ai déjà parlé du disque à la p. 31, lors de l'analyse du transport de Piéron. Dans la fig. 43, supposons que la bougie B ne soit pas là et que nous nous trouvions dans le jour, mais à l'ombre de la futaie ou d'une maison. Sur un disque immobile D placé sur le trajet habituel (1) OF d'une ou de plusieurs fourmis, l'insecte marche de O vers F, donc en marche droite. Nous imprimons au disque une rotation de 90 degrés dans le sens des aiguilles d'une montre. Alors la fourmi se trouvant placée dans la direction OF' rétablit sa position primitive OF en décrivant un angle en sens inverse. Elle a donc perçu auparavant une sensation d'angle décrit indépen-

(1) Il n'est nullement nécessaire que le trajet soit habituel; j'ai fait cette expérience maintes fois au moyen d'un grand plateau placé au devant d'une exploratrice revenant en terrain nouveau.

damment de la vue d'un centre lumineux, l'éclairement étant diffus dans ce cas.

Deuxième cas. — Fig. 43, toujours sans bougie B. Lubbock a pensé que les fourmis tournaient peut-être à cause du changement qui s'opérait dans la position relative des objets environnants. (Nous savons par expérience n° 1, p. 31, que la fourmi n'a pas le moindre besoin pour son retour de voir ou de sentir les objets environnants.) Il pose alors sur son disque une boîte cylindrique **ouverte dans le haut**, laquelle tourne en même temps que le disque. Or les fourmis rétablissent leur position comme dans le premier cas. Remarquons qu'ici l'éclairement provient du haut. La direction de sa propagation se fait de haut en bas, donc perpendiculairement au plan de la marche; la fourmi ne peut donc pas se repérer sur cette direction pour rétablir sa position ancienne OF, car il faudrait que cette direction vînt frapper le plan en biais pour pouvoir servir à maintenir un angle de marche. Lubbock ne remarque pas cela; or, c'est le résultat principal et le plus important dans le cas de la boîte ouverte.

Troisième cas. — Fig. 43, toujours sans bougie B. Lubbock pose à nouveau sa boîte sur le disque, mais elle est cette fois-ci complètement fermée par un couvercle où il a laissé un petit trou pour regarder. Trente fourmis se trouvent à ce moment engagées sur le trajet OF. Lubbock fait tourner le disque de 180 degrés et observe que 11 fourmis replacent comme d'habitude l'axe de leurs corps dans la direction OF, mais que 19 ne le font pas! Cela nous apprend, par comparaison avec le deuxième cas, celui de la boîte ouverte dans le haut, que la nuit complète perturbe en partie les fourmis, mais cela ne signifie pas que l'éclairement de ce deuxième cas, par le haut, ait pu servir aux fourmis à reprendre leur direction primitive, chose impossible pour une raison de géométrie, ainsi que je viens de le faire

remarquer plus haut. Nous apprenons qu'il faut aux fourmis une certaine quantité d'éclairement au cours de leurs voyages à l'extérieur, même quand cet éclairement étant diffus ou perpendiculaire au plan de la marche ne peut leur servir pour reprendre leur direction et la maintenir, ni pour se faire des images distinctes (*Messor*, *Tapinoma*, etc...).

Quatrième cas. — Fig. 43. Faisons avec Lubbock la même expérience à la lueur d'une bougie B placée en avant et à gauche mais **hors** du disque. La fourmi rétablira sa position OF comme d'habitude, mais elle aura **deux** raisons de se replacer dans ce cas (4). D'abord elle doit avoir la sensation de l'angle décrit telle qu'elle se manifeste en elle après une rotation à l'ombre, lors de l'éclairement diffus. Ensuite elle aura en plus la sensation de son déplacement angulaire par rapport à la source lumineuse B dont elle perçoit certainement la direction de l'éclairement dans la nuit.

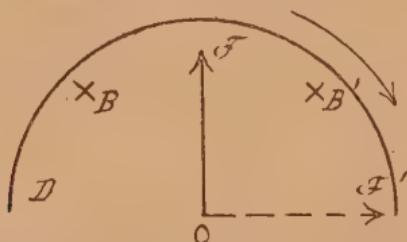


Fig. 44. — La bougie B tourne avec le disque D et se place en B'. Les fourmis ne se replacent pas mais continuent la marche de O vers F'.

Cinquième cas. — Fig. 44. Ici la bougie B est placée **sur** le disque et tourne avec lui. Après la rotation la bougie se trouve placée en B', mais les fourmis continuent alors leur marche de O vers F'. Les insectes auront bien eu la sensation de la rotation comme d'habitude, telle qu'ils l'ont à l'ombre, par lumière diffuse, mais le renseignement donné par la

(4) Cette nuance paraît avoir échappé à Lubbock qui ne voit que le fait unique de l'éclairement direct par la bougie.

position de la bougie, position inchangée par rapport aux fourmis, **prédomine** sur la sensation de rotation perçue. Nous allons voir quelque chose de tout à fait analogue à propos des jolies expériences de Santschi (1911).

Fig. 45. — Une petite ouvrière *Messor bar. mediorufa* marche au soleil avec une graine vers son nid N.

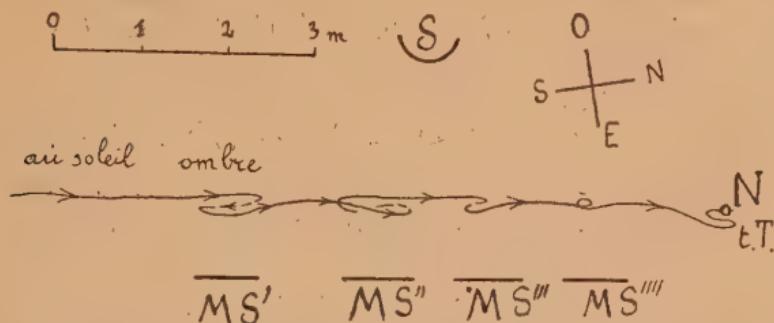


Fig. 45, d'après Santschi. — S = soleil. N = nid. M S' = miroir t. T. = tournoiement de Turner.

Il est 5 heures du soir, le soleil S est déjà bas sur l'horizon et se trouve à gauche de l'insecte. La direction de la propagation de l'éclairement (rayon solaire) fait un angle de 90 degrés avec l'axe de la fourmi. L'insecte arrivant sur une plage d'ombre créée par un aide de Santschi formant écran en s'étant posté par avance sur la gauche, continue à maintenir la même direction. Ce fait démontre, à mon avis, qu'il n'a aucun besoin de voir le soleil pour marcher comme auparavant. Alors Santschi, placé à droite avec un grand miroir MS', envoie les rayons solaires reflétés illuminer la fourmi sur sa droite. De suite la fourmi renverse son mouvement et marche ainsi autant que dure le faux rayonnement. Elle s'est donc replacée de façon à avoir le soleil, en l'occurrence soleil artificiel, à sa gauche et sous un angle de 90 degrés, comme elle l'avait auparavant, avant son arrivée sur la plage d'ombre. L'expérience répétée plusieurs fois sur la même fourmi, provoque tou-

jours une réaction analogue, mais cependant de plus en plus faible pour devenir tout à fait nulle aux approches du nid. Près du gîte la fourmi a fait un t. T. assez simple. Il est à remarquer que lorsque le miroir cesse d'agir, la fourmi se retrouvant alors dans l'ombre n'erre aucunement, mais qu'elle reprend exactement sa direction ancienne. Ce fait oblige à admettre qu'il faut bien à cet insecte une donnée, un document persistant autre que le soleil ou le miroir pour se replacer dans une certaine direction. Au cours d'autres expériences du même genre, des fourmis *Messor* marchent vers le nid à six heures du soir, alors que le soleil se trouve dans la direction du gîte. L'angle de la direction des rayons avec l'axe du corps est donc de zéro degrés (1). Le miroir placé à droite de l'insecte et de biais fait que la fourmi tourne de 90 degrés et marche vers ce soleil artificiel.

Santschi fait bien voir comment la fourmi ne voit le soleil qu'avec une toute petite partie de la surface hémisphérique de son œil à facettes, c'est-à-dire avec la petite partie frappée normalement par les rayons solaires. Marchant avec le soleil à gauche, l'insecte n'a que quelques rétinules de l'œil gauche directement sensibilisées par la vue de l'astre. Lorsque le miroir, soleil artificiel, surgit à droite, la fourmi tendra à avoir de nouveau les mêmes rétinules sensibilisées et, trompée par le déplacement du centre lumineux, elle se place de façon à l'avoir à nouveau à gauche, ce qui nécessite un demi-tour. Pour Santschi, il n'est pas dans tous ces cas question d'héliotropisme parce que « la vue d'un tas de gerbes

(1) Santschi, *Observations et remarques critiques sur le mécanisme de l'orientation chez les Fourmis*. Revue Suisse de Zoologie, août 1911, p. 328, fig. 4.

Cet auteur considère le phénomène de l'orientation chez la fourmi comme un phénomène de reconnaissance visuelle pour certaines fourmis, topochimique pour d'autres, les deux pour la plupart. C'est là ce que j'appelle p. 47 « le point de vue ancien », point de vue que je crois tout à fait dépassé.

chez une fourmi à vue distincte peut changer le résultat de la vue du miroir. »

Il est donc certain que la position du soleil sert d'indication à la fourmi comme le faisait celle de la bougie de Lubbock, mais dans certaines conditions. Lorsque le soleil est très haut, l'intervention du miroir ne modifie plus le sens de la marche. Il est clair qu'alors la direction de la propagation de l'éclairement (rayon solaire) étant quasi perpendiculaire au plan de la marche, cette direction ne peut plus être utilisée comme renseignement. Or la fourmi de l'espèce *Myrmecocystus*, qui ne craint pas la terre surchauffée, conserve fort bien la direction lors de ses courses au loin en été et en plein midi. Avec la boîte de Lubbock permettant l'éclairement par le haut seulement, nous avions déjà eu la preuve que la fourmi n'a pas besoin de la direction de l'éclairement pour reprendre l'ancienne direction dans l'espace.

Si donc la fourmi exploratrice avait constamment dans toutes ses courses un soleil assez bas sur l'horizon à son service, la conservation d'une même orientation en cours de voyage s'expliquerait facilement (1). En effet, une fourmi partie vers le Nord-Ouest, ayant vu le soleil au départ d'une certaine façon, tendrait incessamment à le voir de cette même façon, et au cours d'un voyage qui dure de 20 à 30 minutes, la variation de position de l'astre est très peu importante. Mais lorsque la fourmi arrive sur une plage d'ombre, elle maintient sa direction sans arrêt ni hésitation et sur terrain fraîchement balayé. C'est donc que le renseignement que lui donne la position du soleil n'est aucunement nécessaire, quoiqu'il soit prédominant lorsqu'il réapparaît sous la forme du miroir de Santschi. A l'ombre portée par les objets verticaux,

(1) Mais tous les cas énumérés p. 54 sous le nom de conservation après un temps écoulé sont évidemment impossibles à expliquer par la vue de la position du soleil, puisque cette position change.

dans la lumière diffuse des bois et des forêts, dans la lumière également répartie par de nombreuses réflexions diverses, la fourmi conserve l'orientation du début de son exploration sans avoir besoin de la vue de la position du soleil, de l'aurore ou du crépuscule, c'est-à-dire sans besoin d'un éclairement **ayant une direction précise**. Mais cette constatation n'implique pas que la fourmi n'ait aucun besoin d'éclairage en général. On comprend maintenant cette erreur qui consiste à conclure que du moment qu'une nuit obscure brusque telle que la fermeture de la boîte de Lubbock, le vernissage des yeux, etc... empêche la fourmi perturbée de continuer son voyage, ce doit être parce qu'elle a besoin **de la direction** d'un éclairement pour se guider. — Le renseignement dû à la position d'un centre lumineux est donc surajouté et nullement nécessaire.

Néanmoins, je me suis demandé si ce que les hommes appellent « ombre » n'est peut-être pas « ombre » pour les fourmis? — Elles sont sensibles à la lumière ultra-violette ; ne le seraient-elles pas aussi à des radiations solaires inconnues traversant tous les corps et objets faisant des ombres portées sur le sol? Dans ce cas ces insectes « verraien» incessamment le soleil et en percevraient toujours la position malgré les écrans. Mais l'expérience citée p. xv m'a fait voir que ce n'est pas le cas. En effet, si je place mon plateau de champ, c'est-à-dire verticalement, pour projeter son ombre sur le sol, la fourmi traverse l'ombre portée, chose habituelle, sans changer la direction. Supposons un instant que ce soit parce qu'elle continue à voir le soleil au travers de l'objet. Mais alors elle devrait encore voir l'astre au travers de mon plateau lorsque je place ce dernier horizontalement à 1 centimètre au-dessus du sol! Or nous savons qu'alors, perturbée par la nuit factice, la fourmi *Messor* refuse de traverser. C'est donc qu'elle ne perçoit pas le soleil au travers des

objets opaques. Ce qui est ombre pour l'homme est donc bien ombre aussi pour la fourmi.

Une autre hypothèse d'un repérage externe se présente encore, celle d'un sens magnétique. Elle serait analogue à celle émise par Viguier pour le pigeon voyageur. Une fourmi, de par une sensation de l'axe magnétique Nord-Sud, ferait après chaque espace de recherches toujours à nouveau presque le même angle avec l'axe susdit. Il aurait été peut-être intéressant de créer des orages magnétiques sur des parcours de fourmis. A la réflexion, j'ai renoncé à ce moyen artificiel, d'abord parce que, comme dans le cas du vernisage des yeux et de l'ablation des antennes, on ne sait pas quelle perturbation générale on peut provoquer. Ensuite, le fait que des phénomènes magnétiques et électriques affectent et perturbent des êtres ne prouve nullement qu'ils aient un sens magnétique de direction.

Après d'assez longues recherches, j'ai pu trouver un terrain d'observation favorable, c'est-à-dire un plan vertical orienté Est-Ouest. Sur la surface Nord d'un mur de jardin, mur couvert d'un enduit au plâtre, surface légèrement rugueuse, j'ai aperçu quelques *Pheidole pallidula* sortant d'un petit trou à 2 mètres environ du sol. Ces petites fourmis débouchaient sur cette surface toujours à l'ombre en venant de l'intérieur du mur. Elles sont quasi insensibles à l'action de la pesanteur, tant leur force est grande par rapport à leur poids. En disposant sur la surface du mur des supports horizontaux mobiles et portant des aliments, j'ai pu, après quelques exercices préalables au cours desquels mes fourmis sont souvent tombées du fait de mon manque d'entraînement, arriver à faire très bien mes expériences de transport avec les mêmes résultats que sur le plan horizontal. Ces fourmis conservent leur direction après sortie du trou aussi bien que sur le sol horizontal dans les cas habituels. Par conséquent il

ne s'agit pas d'un sens magnétique puisque la ligne Nord-Sud était dans cet exemple presque perpendiculaire au plan de la marche.

Deuxième genre d'hypothèse : repérage interne.

La fourmi possède à un très haut degré un sens que j'ai nommé : **sens des angles décrits (sens de l'angulation, sens des déviations)**. En consultant les auteurs, j'ai vu qu'il s'agissait là du sens que P. Bonnier a dénommé sens des attitudes, et dont cet auteur dit avec juste raison qu'il est le plus ancien et le plus fondamental des sens. En disant : **sens des attitudes successives rapportées les unes aux autres** on conservera ainsi l'expression de P. Bonnier, qui est excellente, tout en exprimant mon idée qu'il s'agit de la sensation des différences entre des attitudes ou positions du corps.

La différence entre une position du plan médian d'un être et une autre position de ce plan est sentie puis perçue par cet être. C'est ce genre de sensations qui lui procure un ensemble de perceptions lui représentant l'espace.

On aurait tort d'identifier ce sens des attitudes avec le sens musculaire. Une sensation de différence entre deux attitudes (angle) peut provenir de ce qu'un être a été mû ou bien de ce qu'il s'est mû de lui-même. Dans ce dernier cas seulement il peut y avoir une contribution de l'élément musculaire dans la sensation de différence d'attitude, parce qu'il y a eu effort-moteur. Encore faut-il que les contractions musculaires produisent une sensation d'effort. Chez un être dont le poids est énorme par rapport à la force musculaire, par exemple un éléphant, on peut bien admettre comme très probable que l'amplitude conversion de 90 degrés, d'un « à droite » par

exemple, est sentie, c'est-à-dire mesurée, inconsciemment ou consciemment peu importe, par l'effort moteur qu'il a fallu à cet être pour effectuer le déplacement angulaire. Mais chez un oiseau-mouche, un moustique, une fourmi minuscule, êtres dont la force et la provision d'énergie sont énormes comparativement au poids de la masse à mouvoir, il me paraît très peu probable qu'une sensation de différence d'attitude soit due à une sensation d'effort moteur.

Prenons maintenant l'exemple le plus simple. Sur le disque tournant de Lubbock, une fourmi rétablit en sens inverse un angle de 90 degrés qu'on lui a fait décrire. De même la fourmi *Messor* de p. 30 qui marchait avec l'attitude Nord, prise par sa graine puis posée autre part avec la tête vers l'Est. Une telle fourmi a le sentiment très précis de la différence de deux attitudes (angle). Elle sent, perçoit, mesure cette différence indépendamment d'une contribution de l'élément musculaire. En effet, cette fourmi n'avait fait aucun effort moteur pouvant lui procurer une donnée touchant l'amplitude de l'angle à refaire en sens inverse. Elle ne s'est pas mue, on l'a mue! Elle a subi passivement un quart de rotation.

Voilà donc un cas bien net, simple et élémentaire d'un repérage interne, repérage indépendant de la direction de la lumière, ainsi que nous l'avons vu p. 91, et aussi du sens musculaire. Posée à terre avec l'attitude Est, la fourmi se repère remarquablement bien sur l'attitude précédente qui était Nord, car elle rétablit cette position primitive.

Lorsque Wasmann, ramenant les observations de Viehmeyer au cas du disque de Lubbock, dit que « de par la rotation du support la fourmi est amenée à tourner en sens inverse indépendamment des phénomènes d'éclairement », le savant auteur n'ajoute rien. Sa constatation a l'allure d'une explication. C'est pourquoi j'insiste en disant que nous sommes en présence d'un fait dont le processus

interne est totalement inconnu pour la fourmi. Nous ne connaissons pas chez cet insecte de canaux semi-circulaires pouvant lui donner la mémoire labyrinthique. En disant : sens des attitudes, ou de l'angulation, j'exprime qu'après élimination de la possibilité d'une influence lumineuse, magnétique et musculaire, il nous reste un résidu inconnu que je place sous cette étiquette. Mieux vaut savoir que l'on ne sait pas, que rester dans les erreurs anciennes et croire savoir.

Passant maintenant au cas de la fourmi qui change elle-même son attitude, je suppose qu'elle perçoit la grandeur de l'angle décrit au moyen d'une manifestation de la même faculté d'angulation plutôt que par une sensation d'effort moteur. Il me semble très peu probable qu'un être si fort mais si léger mesure si bien un angle de par l'effort moteur du déplacement angulaire. Un fait à l'appui de ma supposition est que la mémoire des distances parcourues, mémoire très probablement basée sur une totalisation d'efforts moteurs (sens musculaire), est plutôt grossière chez la fourmi, alors que la mémoire des angles décrits est remarquablement fine et précise, ainsi qu'on le verra au § 8. Cela indique, à mon avis, une différence essentielle entre ces deux facultés mnémoniques.

Ceci admis, on pourrait peut-être interpréter ma règle de constance lors de l'aller au loin comme un cas plus compliqué, mais du même genre, que celui de la fourmi déplacée ou se déplaçant d'un simple angle de 90 degrés. Lorsqu'elle fait des recherches au cours d'un aller au loin, la fourmi rapporterait successivement ses attitudes à l'attitude générale maintenue un certain temps au début de son voyage, comme attitude première. Etant très routinière, très automatique, elle reprendrait toujours dans le même sens de l'espace parce que c'est l'attitude première qui a été maintenue le plus longtemps. Lorsque je capture dans mon chapeau une fourmi et que je la

vois au sortir du chapeau reprendre sa direction primitive, à l'ombre et sur un autre terrain, ce serait la même chose. Les attitudes dans mon chapeau se rapporteraient les unes aux autres aussi bien que dans un espace de recherches (1).

Ainsi la fourmi ne perdrait jamais la sensation de son attitude première parce qu'il n'y a pas eu d'interruption dans la succession des sensations d'angles décrits. De ce que la fourmi aurait rapporté en cours de l'aller ses attitudes successives les unes aux autres, il ne s'en suit pas qu'il y ait un enregistrement durable, persistant, de tous ces détails. On sait que les observations montrent qu'il n'y a mémoire que de la dominante, c'est-à-dire l'attitude générale maintenue au début de l'exploration.

Mais une première difficulté d'interprétation surgit pour la fourmi fixée immobile par un aliment sur un support que l'on transporte autre part en le faisant tourner doucement. Ici la fourmi ne rétablit pas la conversion en sens inverse comme sur le disque de Lubbock ; elle paraît insensible à ce mouvement. Or, on sait qu'elle n'a pas pour cela perdu la mémoire de l'attitude première à reprendre en sens inverse pour le retour. Il a dû pourtant y avoir eu interruption dans la succession des sensations d'angles décrits. Ceci fait déjà penser que la fourmi peut conserver une direction comme document isolé, c'est-à-dire sans avoir besoin de la rapporter à une attitude précédente, cas auquel nous arriverons plus loin.

(1) Cas de repérage interne chez les hommes. Le savant Exner, en un point quelconque de l'escalier sombre du campanile de Venise, escalier tournant à angles droits, pouvait indiquer sans se tromper la direction des quatre points cardinaux. Ici l'attitude première était celle lors de l'entrée dans le monument, attitude dont Exner connaissait la position par rapport au Nord. De même certaines Malgaches que l'on fait tourner plusieurs fois après leur avoir recouvert la tête d'une couverture, indiquent la direction d'un des points cardinaux en ayant la tête encore recouverte. (A. Van Gennep.)

Passons maintenant aux cas de conservation de la direction vers un lieu après un temps écoulé.

Comment la fourmi se repère-t-elle pour repartir du nid longtemps après vers un lieu intéressant visité auparavant par elle? Cette question, autrement difficile que celle du retour au gîte, ne s'est naturellement jamais posée pour ceux qui croient encore à un repérage de proche en proche par reconnaissance du terrain parcouru lors d'un premier voyage. Essayons encore d'y répondre au moyen du sens des attitudes rapportées les unes aux autres. A la place de nos *Myrmecocystus* de p. 55, supposons des hommes, des troglodytes, habitant un logis souterrain récemment créé, logis ayant une galerie de sortie droite et presque horizontale orientée vers le Sud-Est, comme dans le cas de nos fourmis. Ces hommes situeront fort bien les lieux connus du monde extérieur par repérage interne, c'est à-dire par rapport à leur attitude habituelle au sortir de la galerie. C'est l'attitude Sud-Est du plan médian de leur corps qui leur servira de plan de référence des directions. Par exemple, ces hommes sauront que pour aller à leur logis ancien — pour nos fourmis le nid ancien situé à 40 mètres dans le Sud — il faut au sortir de la galerie prendre à droite en avant (angle de 45 degrés); que pour aller à un lieu de provende situé dans l'Est il faut prendre à gauche en avant (45 degrés), etc.... Ces hommes repéreront donc leur représentation mnémonique du monde extérieur sur leur attitude de sortie du souterrain.

Or il est très probable que les fourmis ont aussi une représentation mnémonique du monde extérieur, car on observe chez elles des faits de mémoire associative. Pour tout être qui a de la mémoire, le monde extérieur est quelque chose, il est ce que ses sensations le lui font être. Le monde extérieur se projette dans cet être en un complexe de données sensorielles plus ou moins persistantes. Il faut bien

se garder de se figurer ce complexe à l'image de celui qui se forme dans l'homme, mais au contraire s'en tenir exclusivement aux observations directes pour essayer de se faire une idée de ce que peut être la représentation du monde extérieur pour la fourmi.

Reprenons le fait, qui paraît peu important en apparence, alors qu'il est d'une haute portée psychologique si l'on y réfléchit, des fourmis *Messor* de p. 56. Ces insectes, un jour avant, fréquentaient un chemin de fourmis, lequel au retour les conduisait vers le Sud-Ouest jusqu'au contact du pied d'un trottoir. Ici les fourmis prenaient vers le Sud, donc à gauche, pour aller à leur trou. Or, on a lu à la page 56 que certaines grandes ouvrières, ayant saisi une graine offerte au bord du trou, puis posées par moi loin de leur chemin de fourmis du jour précédent, prennent vers le Sud-Ouest puis vers le Sud lorsqu'elles arrivent au trottoir. Ainsi le contact d'une forme connue les fait encore prendre à gauche, et cela en un tout autre endroit du pied du trottoir que le jour avant. Elles croient encore aller ainsi vers leur trou alors qu'elles s'en éloignent. Ce souvenir de devoir prendre à gauche est une preuve d'une représentation mnémonique du monde extérieur chez la fourmi. La fourmi a le souvenir des angles décrits et du sens dans lequel ils ont été décrits, c'est un fait. Elle l'a non seulement des angles qu'elle a décrits sur le plan horizontal, mais aussi sur d'autres plans de l'espace. Elle se meut sur ces derniers aussi aisément, en ce qui concerne les petites espèces, que sur le plan horizontal. Je reviendrai là-dessus au § 10, et j'anticipe à ce propos en remarquant que si la fourmi est presque insensible à la verticalité (géotropisme), elle sent fort bien l'angle dièdre que l'obligerait à décrire la rencontre d'un autre plan surplombant le plan de sa marche.

Ce fait que la fourmi a le souvenir de la différence des directions de l'espace, c'est-à-dire des angles non

seulement plans, mais diédres, va nous faire comprendre aisément une observation de Wasmann. (1) Un flacon contenant un nid de *Formica* est relié par un tube de verre coudé à un autre flacon servant au rejet des détritus. Lorsque ce tube coudé est tourné de 90 degrés, par exemple, de façon que sa branche verticale devienne horizontale, les fourmis (même si aucune d'elles ne se trouvait dans le tube au moment de la rotation) s'aperçoivent immédiatement du changement de direction du tube.

D'après Wasmann, la seule explication satisfaisante pour le moment serait dans le changement des impressions visuelles habituelles (direction de la lumière provenant de la fenêtre, changement des ombres et reflets), à moins que nous ne voulions attribuer aux fourmis un sens de la direction (*Richtungssinn*) qui nous manque absolument, dit l'auteur!

Voilà donc des êtres qui ont l'habitude, à l'endroit où le tube est coudé, de basculer, c'est-à-dire de décrire un angle dans le plan médian, plan symétrique de leur corps. Au lieu de cela, lorsqu'elles arrivent à cette forme connue qu'est le coude du tube, elles se trouvent tout à coup obligées de tourner sur leur gauche! On comprend aisément qu'il y a là le souvenir d'une direction habituellement prise et qui maintenant se trouve changée. Les fourmis auraient été tout aussi perturbées si on avait changé la position de la branche du tube dans une chambre son bre. Il s'agit là d'un cas très simple du sens des attitudes, si simple qu'il se produirait semblable avec les hommes. Un homme sera très capable de reconnaître, en pleine obscurité, que la direction d'une branche d'un coude d'un souterrain qu'il parcourt habituellement a été changée.

Du fait que les fourmis témoignent d'une repré-

(1) Elle se trouve dans *Zum Orientirungsvermögen der Ameisen*, p. 42. Je la cite d'après Claparède, *l'Orientation lointaine*, p. 148, exp. 19.

sentation mnémonique du monde extérieur, on pourrait penser que pour repartir vers un lieu connu, elles repèrent ladite représentation sur l'axe de la galerie de sortie du nid, c'est-à-dire sur l'attitude toujours la même que leur donne une galerie à la sortie de leur gîte. Ainsi les *Myrmecocystus* de l'exemple cité plus haut se souviendraient que pour aller vers leur nid ancien situé dans le Sud, il leur faut partir à droite en avant au sortir de leur galerie, laquelle est orientée vers le Sud-Est.

Mais l'observation attentive fait penser qu'il ne s'agit plus ici du sens des attitudes rapportées les unes aux autres, sens qui donne à l'homme ses sensations de l'espace.

Lorsque j'ai défoncé le nid nouveau de mes sus-dits *Myrmecocystus*, j'ai vu de grandes ouvrières sortir des décombres et partir vers le Sud, dans la direction du nid ancien, en emportant des larves. Or, la galerie de sortie orientée Sud-Est venait d'être détruite, et avec elles des chambres souterraines et d'autres galeries. Mes fourmis, au moment de se dépêtrer de la terre et des débris de leur demeure, sortaient des décombres en ayant des attitudes diverses et fortuites, ce qui ne les empêchait pas de prendre la direction du Sud, aussi bien là que transportées au moyen de mon chapeau sur un autre terrain. Par conséquent, un de ces insectes se trouvant en un endroit quelconque dans le fond du nid nouveau non encore détruit, possède à n'importe quel moment la pure direction Sud vers son nid ancien et même après un abandon définitif de ce dernier. Le cataclysme de la destruction du nid nouveau réveille chez certaines ouvrières l'idée du nid ancien, et cette idée s'associant à la mémoire de la direction vers le Sud constitue une idée-force qui entraîne ces ouvrières vers le Sud.

Il me paraît donc bien que dans de tels cas la fourmi possède un document mnémonique de direc-

tion tout à fait isolé, fait que l'on ne peut plus cataloguer sous l'étiquette de : sens des attitudes rapportées les unes aux autres (1).

Le repérage externe étant exclu, et a fortiori, car l'insecte se trouve dans le fond de son nid ou au milieu des décombres, nous aboutissons au dilemme suivant. Ou bien il y a un repérage interne d'un genre spécial qui nous est tout à fait inconnu ; ou bien il n'y a pas de repérage du tout. Dans cette dernière éventualité, la fourmi n'aurait pas besoin de rapporter des directions les unes aux autres ; elle pourrait posséder mnémoniquement une direction « en soi ». L'homme ne peut concevoir les directions de l'espace que rapportées à l'une d'elles considérée comme fixe, axe magnétique Nord-Sud ou attitude habituelle. Ainsi le sens des attitudes rapportées les unes aux autres, lui donne la représentation de l'espace telle qu'il la possède. L'espace est donc une forme subjective, une fonction des sensations. Pour l'espèce humaine, la fonction est à peu près la même pour la moyenne des individus. Chez la fourmi, ce sera une toute autre fonction, et l'espace sera pour elle quelque chose de tout différent que pour l'homme. Mais ici nous entrons dans la métaphysique.

Quoi qu'il en soit, et en revenant maintenant au sujet de la faculté de conservation en cours de l'aller de la direction du début, il me paraît bien certain que la fourmi reprend toujours sa course dans un certain sens centrifuge, tant qu'elle n'a rien trouvé, parce qu'elle a commencé dans ce sens.

Je pense que c'est le fait d'avoir oscillé en marche

(1) Il en est de même pour les nombreux nids (*Messor*) où la galerie de sortie est verticale et perpendiculaire au plan du terrain. Il n'est pas besoin ici de recourir à une destruction de la galerie, car toutes les directions du plan de la marche faisant avec l'attitude à la sortie du trou le même angle droit, cette attitude verticale ne peut servir d'axe de référence.

droite dans un certain sens sur une certaine longueur, c'est-à-dire d'avoir maintenu au début une certaine attitude moyenne, d'avoir équilibré les mouvements de sa marche dans un certain sens, qui engendre dans le sensorium de la fourmi une donnée sensorielle persistante d'un genre spécial, une mnème de direction (1).

Le corollaire de ma susdite hypothèse est le suivant : Si jamais une fourmi s'en allant au loin le faisait par un début d'une forme polygonale quelconque, par des arcs de cercle ou de spirale décrits autour du nid, cette fourmi, trouvant une provende, devra être incapable de prendre la direction vers la région du gîte, car une telle forme de trajet ne contient aucune direction précise maintenue sur une certaine longueur.

J'avais toujours pensé que le corollaire resterait à l'état purement théorique, car je ne voyais aucun moyen de décider une fourmi à bien vouloir faire un trajet sans direction précise. Or j'ai observé une fois ce qui suit. C'est un cas unique et probablement une observation rare (2).

Fig. 46. — Après-midi. O. Nous avons quatre orifices N plus petits qu'une tête d'épingle. Il ne s'y trouve que quelques très rares et minuscules mottes de terre déblayée. Ces orifices donnent dans une galerie superficielle qui mène à 80 centimètres dans l'Ouest à un amas de fourmis *Tetramorium coespitum punicum* et de larves, amas informe à mes yeux. C'est un grouillement de fourmis gros comme les deux poings à trois centimètres sous le sol, dans la terre très meuble d'un jardin, terre qui s'effrite sans que je puisse voir s'il y a là un nid miné et établi d'une

(1) A ce propos, M. Sagnac, professeur de physique à la Sorbonne, me rappelle que les oscillations de certains régulateurs favorisent beaucoup leur fonctionnement en augmentant leur sensibilité.

(2) J'ai eu depuis un cas tout à fait analogue avec une toute jeune *Myrmecocystus*.

façon méthodique ou bien si les insectes gîtent simplement dans les interstices de la terre plus ou moins meuble. La quantité de déblais aux quatre orifices est si infime qu'elle ne peut représenter que la terre

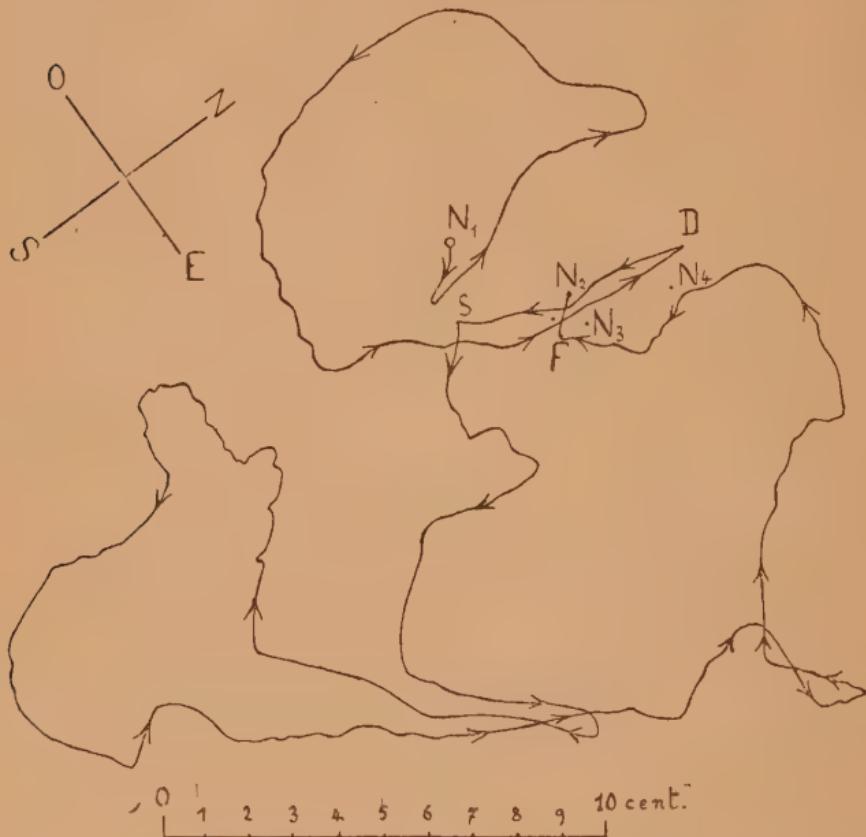


Fig. 46. — Cas rare d'une fourmi s'étant éloignée du trou N° 1 par un trajet en spirale et qui se manifeste sans direction vers le gîte lorsqu'elle est mise en possession du sucre S.

ayant bouché les orifices, mais pas le contenu d'une galerie de 80 centimètres, conduit spacieux de 3 millimètres environ de diamètre. Je soupçonne que les fourmis utilisent ici tout simplement un chemin souterrain de vers de terre. A chaque séance, je n'ai jamais vu plus d'une douzaine de fourmis exploratrices au maximum sortir de ces orifices. Il y a des jours où aucune ne sort.

Une fourmi sort du petit trou N₁, péniblement et comme si elle venait de le déboucher. La loupe me fait voir que le minuscule insecte porte une encore plus minuscule motte de terre. Cette fourmi est donc une déblayeuse, mais au lieu de faire la brève sortie habituelle avec dépôt du déblai à 2 ou 3 millimètres de l'orifice (2 ou 3 centimètres chez les grandes espèces), la fourmi continue à se promener avec sa motte de terre, et l'on ne saura jamais pourquoi. On peut tout au plus supposer que les fourmis de cette espèce vivant surtout souterrainement, d'après ce que j'en ai vu, il me sera arrivé cette fois d'observer un insecte faisant peut-être sa première sortie, ou l'une de ses premières sorties à la lumière du jour. Cette lumière inhabituelle l'aurait perturbée. Notre fourmi fait donc de N₁ jusqu'au point D où elle dépose enfin son fardeau, un trajet qui est pour l'espèce un trajet lointain. Ce trajet a la forme d'une spirale grossière, les quatre derniers centimètres avant d'arriver au point D sont quasi rectilignes. Repartant de D, la fourmi reprend à peu près le contre-pied de ces quatre centimètres, lesquels, ayant une orientation précise, ont pu laisser une donnée sensorielle temporaire de direction. Au lieu S, je lui donne du sucre qu'elle prend, et que fait-elle ? Sans hésitation ni arrêt, elle part complètement à faux, vers le Sud-Est ! — Toutes les fourmis isolées auxquelles j'ai vu faire un trajet lointain et auxquelles j'ai donné une provende, ont toutes rapporté cette provende au gîte presque directement, ou vers les environs d'un lieu d'où elles étaient parties (*Tapinoma*, p. 78). Or, tous leurs trajets lointains témoignent d'une direction précise réapparaissant (ou de deux orientations générales reprises au retour, § 8). La fourmi de fig. 46 a été incapable de prendre la direction vers les trous N. Or, son trajet en spirale témoigne de l'absence de toute orientation précise !

Si donc cette fourmi, mise en possession de la

provende, s'est manifestée sans donnée interne d'orientation pour le retour, c'est qu'une telle donnée n'a pu se créer dans son sensorium à l'aller et cela du fait de la forme en spirale de cet aller au loin.

Cette observation rare me paraît constituer une confirmation de mon hypothèse. Je me hâte de faire remarquer au lecteur qu'elle en confirmerait tout aussi bien une autre, d'ailleurs. En effet, en supposant l'existence dans le milieu extérieur d'un axe de référence fixe, actuellement inconnu, par rapport auquel la fourmi allant au loin maintiendrait constamment le même angle, on comprend qu'un insecte, lequel n'aurait, pour une fois et pour une cause inconnue, pas suivi la règle, se trouverait alors incapable de reprendre l'angle en sens inverse. — C'est donc bien le cas de se rappeler la remarque de Sterne : « Il est dans la nature d'une hypothèse, une fois qu'un homme l'a conçue, de s'assimiler toute chose, comme aliment convenable, et dès l'instant où on l'a engendrée, généralement elle se renforce de tout ce qu'on voit, entend, lit ou apprend (1). »

Le meilleur moyen de raffiner la voracité naturelle d'une hypothèse, c'est d'en avoir plusieurs autres présentes à l'esprit touchant la même question.

Pour en revenir à notre *Tetramorium* de fig. 46, on voit qu'elle a fait une recherche fort étendue qui l'a ramenée à passer auprès des trous N_4 et N_3 sans les percevoir. Au point F, la fourmi a eu la chance d'être frôlée sur sa droite par une congénère qui sortait du trou N_2 , fait qui lui a procuré une indication d'odeur fraîche grâce à laquelle elle a pu rentrer au trou N_2 avec sa bâche de sucre.

Me rappelant ce cas curieux et unique, j'ai essayé en 1911 de faire accomplir artificiellement à une fourmi un trajet en spirale. Je pensais naïvement

(1) Sterne, *Tristram Shandy*.

qu'en présentant piqué au bout d'un canif un morceau de fromage odorant à une *Pheidole* ou à une *Aphaenogaster testaceopilosa* montrant ses antennes au bord de son trou, et en promenant lentement l'objet en spirale un peu au-dessus du sol, la fourmi marcherait en suivant le fromage. Après plusieurs tours, j'aurais donné une bâche d'aliment à l'insecte, lequel aurait été incapable alors de prendre la direction vers le trou. Or, je n'ai jamais pu réussir l'expérience pour toutes sortes de raisons. Je souhaite que le lecteur puisse être plus heureux que moi. D'abord il faut approcher l'objet très près pour que ces insectes qui raffolent de fromage puissent être sensibilisés. Alors, ou bien la fourmi surprend l'observateur en s'agrippant vivement au fromage, ou bien elle tourne sur place. Si on réussit à attirer l'insecte sur une longueur de 2 à 3 centimètres et que l'on commence à faire décrire la spirale en obliquant, la fourmi se refuse à suivre et tend toujours à continuer en ligne droite.

En somme, le fait capital, qui me paraît dominer toutes les questions de trajets lointains chez les fourmis, c'est le départ de l'exploratrice par une marche droite, dans un certain sens de l'espace. Dans les cas où ce départ apparaît incurvé, il l'est d'une façon sinusoïdale ; il y a maintien d'un certain sens. Pourquoi la fourmi exploratrice part-elle de son gîte au loin par une marche droite ?

Mais il y a une question préalable : Qu'est-ce en réalité que le genre de trajet que l'on nomme marche en ligne droite d'un être ? — C'est une incessante compensation autour d'une ligne de direction, axe d'équilibre autour duquel les oscillations et sinuosités se compensent (voir Introduction, marche de la fourmi). Un être marchant droit de par la vue lointaine d'un but, ou fuyant un danger dont il entend le bruit, ou suivant un sentier, maintient la direction en compensant. Rien que le fait des mouvements

alternatifs des membres explique l'oscillation des êtres. Regardons un homme à pieds plats marchant droit devant lui, mais conduit par le trottoir qu'il suit. Il pose les pieds d'équerre, la pointe très en dehors. Etant sur le pied gauche, son corps sera projeté en avant et à droite et il lui arrivera même de tourner sur la pointe du pied pour diminuer l'oscillation. La projection sur le plan horizontal de la courbe décrite par le centre de gravité de cet homme sera une sinuosité à axe presque droit.

L'oscillation sera moins visible chez l'homme normal. Le Saharien marche, même la nuit, pendant des heures sur une plaine désertique sans sentiers, sans repères pour l'œil, en maintenant une direction une fois prise (1). De même le sauvage dans la forêt sombre. Ces hommes compensent incessamment, sans arrêts ni hésitations, et comme automatiquement. Leur vue distincte leur est nécessaire pour reconnaître les environs immédiats de leurs pieds, mais non pour maintenir la direction, car il n'y a pas de but visible. Ils ont un sens très fin des déviations, sens que les civilisés, habitués aux rues, routes et écriteaux, n'ont plus l'occasion d'exercer.

A propos de la tendance à marcher en ligne droite remarquée par Bethe chez la fourmi, et dont j'ai parlé au début de ce paragraphe, Claparède remarquait que l'insecte devrait de ce fait être entraîné par la tangente lorsqu'il marche en décrivant de fortes sinuosités dans un même sens. Maintenant que nous savons que cette tendance est une tendance de compensation, on comprend que la fourmi n'est pas entraînée, sauf dans certains cas sur les routes de *Tapinoma* lorsque la vitesse est très grande, parce que la marche dite en ligne droite n'est en réalité

(1) Voir, du même auteur : *Le sens de la direction chez l'homme*, Revue des Idées, juillet 1909, puis l'intéressante enquête de A. Van Gennep dans *Religions, Mœurs et Légendes*, III, p. 33, et Claparède, *L'Orientation lointaine*, p. 173.

qu'un phénomène d'équilibre autour de la ligne droite idéale, phénomène ramenant constamment la fourmi à la direction une fois prise et donnant ainsi lieu à une courbe sinusoïdale.

Je reprends la question : Pourquoi la fourmi exploratrice part-elle rapidement du gîte par uné marche droite plutôt que d'une façon quelconque ?

Pour un finaliste la réponse serait aisée : La fourmi agit ainsi dans un but utile, parce que si elle ne maintenait pas au début un certain sens de sa marche sur une longueur suffisante, elle n'aurait pas son document pour le retour. Un tel raisonnement, basé sur le grand trompe-l'œil de l'utilité, n'est pas pour satisfaire. J'avais supposé après ma première saison d'études de 1909 que la fourmi ayant une idée d'ensemble, une connaissance continue des environs immédiats de son nid lui indiquant qu'il n'y a jamais de provendes proches du trou, partait droit au loin par le plus court à cause de cette connaissance (1). Cette opinion était aussi entachée d'une idée d'utilité. Deux saisons de vacances de plus passées avec mes fourmis, et les expériences du § 9 faites en 1910 m'ont fait comprendre que **la connaissance des environs proches du gîte, même pour une fourmi d'espèce supérieure, est des plus imparfaites**. Ce connu est un connu très discontinu. Les fréquents tournolements de Turner à l'arrivée, le fait régulier que la fourmi prise au gîte et posée aux alentours même proches du trou, erre longtemps et péniblement, tout cela vient encore à l'appui. C'est bien un fait réel qu'il n'y a généralement pas de provende autour du gîte ; mais que la fourmi connaisse ce fait, ce qui implique une représentation d'ensemble des alentours, c'était une supposition anthropomorphique.

Je suis arrivé actuellement à une explication plus

(1) Voir, du même auteur : *Trajets de Fourmis*, p. 132, hypothèse des deux tendances.

simple de la marche en ligne droite du début, marche généralement rapide et sur une longueur assez importante.

Considérons un insecte non ailé, à bonne et assez lointaine vue distincte, par exemple une araignée chasseresse de fourmis et de mouches. Partant de chez lui, un tel insecte pourra voir une fourmi à 8 ou 10 centimètres, une mouche à 0 m. 50 et même plus. Ce dernier cas se présente pour certaines araignées que m'a citées M. Maupas. L'araignée s'approche, en utilisant au mieux les couverts éventuels, et si le gibier se déplace, notre araignée se déplace aussi parce que la proie future ne sort pas de l'horizon visuel assez étendu du chasseur. Ce dernier sera amené à faire un trajet qui ne suivra pas une ligne droite. Notre insecte sera donc déterminé de loin, par sa vue à distance, au moyen de toutes sortes d'objets intéressants, de faits et de circonstances éventuelles du milieu extérieur. Il n'en sera pas de même de la fourmi. Sa vie au dehors est presque une vie d'aveugle, une vie de tâtonnements. Pour lui indiquer une chose intéressante, elle n'a que ses antennes. Il est rare qu'une grande masse odorante l'attire à distance. Tant que ses antennes n'ont pas perçu une chose intéressante, ce que généralement elles ne font qu'au contact, à gauche ou à droite, **il n'y a aucune raison pour aller plutôt à gauche qu'à droite**, et la recherche de la fourmi étant très régulièrement alternative, tant qu'elle ne trouve rien d'intéressant, une ligne presque droite se maintient. Pour une fourmi *Myrmecocystus* qui perçoit par la vue un gibier, insecte peu valide, ou un grain de sucre à 4 ou 5 centimètres, à condition que cette fourmi ne courre pas trop vite (§ 9), voici ce qui se passe : partant de son nid, elle n'a généralement pas la chance de voir apparaître dans son horizon visuel très restreint un insecte mort ou blessé, parce qu'ces environs sont parcourus par ses congénères rayonnant incessam-

ment. Elle sinue rapidement, en compensant régulièrement. Lorsqu'une proie est perçue, cette fourmi saute brusquement sur elle. Si c'est un insecte encore quelque peu valide, notre fourmi bondit en arrière de quelques centimètres, puis revient à nouveau par sa vue distincte, mais si l'insecte suffisamment valide sort de l'horizon visuel très restreint, la proie est perdue. Jamais je n'ai vu *Myrmecocystus* capable de courir à la poursuite : cette fourmi tourne et saccade rapidement sur place, puis reprend dans le même sens sa course. La fourmi à vue distincte, être très myope en ce qui concerne les objets de sa taille, ne sera donc pas déterminée non plus à effectuer un trajet dans le genre de ceux de l'araignée que la vue de son gibier peut emmener de divers côtés successivement.

La fourmi, être aveugle ou très myope en tant que vue distincte, quitte son gîte, par une marche en droite ligne souvent prolongée avant de trouver un lieu intéressant, parce qu'elle est aveugle ou très myope. Je suis amené logiquement à cette conclusion, qui paraîtrait paradoxale si on la formulait du premier abord. — Si l'on observait chez d'autres insectes uniquement marcheurs, et dont on saurait pertinemment qu'ils sont aussi aveugles ou myopes que mes fourmis, des marches ne se faisant régulièrement pas en droite ligne au départ, mon explication ne serait plus à retenir.

RÉSUMÉ DU § 7

Dans l'état actuel des connaissances, les faits de maintien de la direction chez la fourmi ne peuvent être interprétés par des hypothèses de repérage externe. La vue d'un centre lumineux ou celle de la direction d'un éclairement ne constitue qu'un renseignement surajouté, renseignement dont

l'insecte se passe fort bien lorsqu'il est à l'ombre, en lumière diffuse. Or, la plus grande partie de la vie au dehors de la fourmi de mes espèces se passe à l'ombre, à part *Myrmecocystus* qui, voyageant en plein midi, au fort de l'été, ne peut alors utiliser la vue du soleil.

Certains faits de mémoire d'un angle décrit, du sens et du plan dans lequel il a été décrit, peuvent s'interpréter au moyen de l'hypothèse d'un repérage interne, par le sens des attitudes successives rapportées les unes aux autres.

Les faits de mémoire non pas de la différence entre deux directions (angle), mais de mémoire d'une direction isolée, unique, échappent à toute interprétation. La cause en est peut-être que l'espace étant une forme subjective, l'esprit humain ne peut se figurer ce qu'est l'espace pour la fourmi.

§ 8. — Explorations à deux et à plusieurs orientations générales.

Les explorations simples, c'est-à-dire à une seule orientation générale, constituent la grande majorité parmi toutes mes observations. Certaines explorations plus rares, et en apparence plus compliquées, sont cependant faciles à classer dans la plupart des cas.

Fig. 47. Schéma. Une exploratrice fait une course NB, course qui peut mesurer quelques décimètres chez les petites espèces et même chez les *Messor*, mais 15 à 25 mètres chez *Myrmecocystus*. Tout à coup la fourmi entreprend une longue exploration latérale, on ne sait pourquoi. Elle va fort loin, du lieu B jusqu'en C, où on lui donne alors de la provende ou bien d'où elle revient bredouille. Le plus souvent l'orientation BC ou sens général du voyage de B

en C est presque perpendiculaire à NB. Pour les

Fig 47

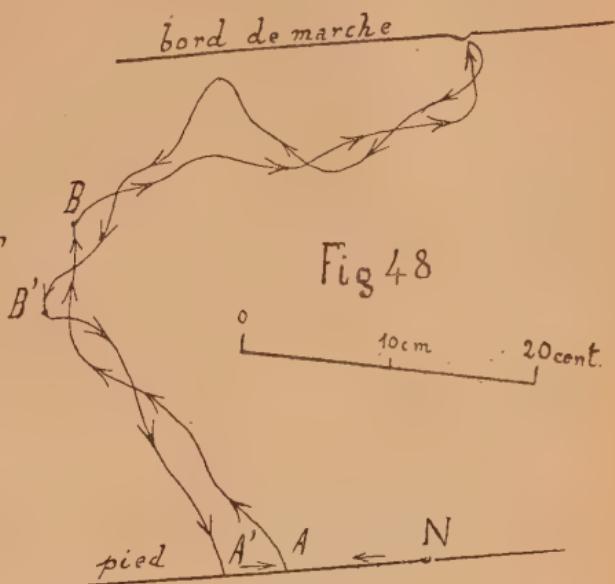
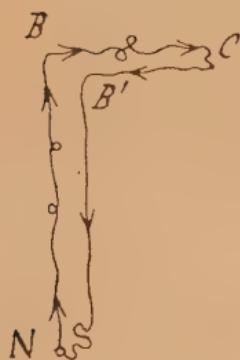
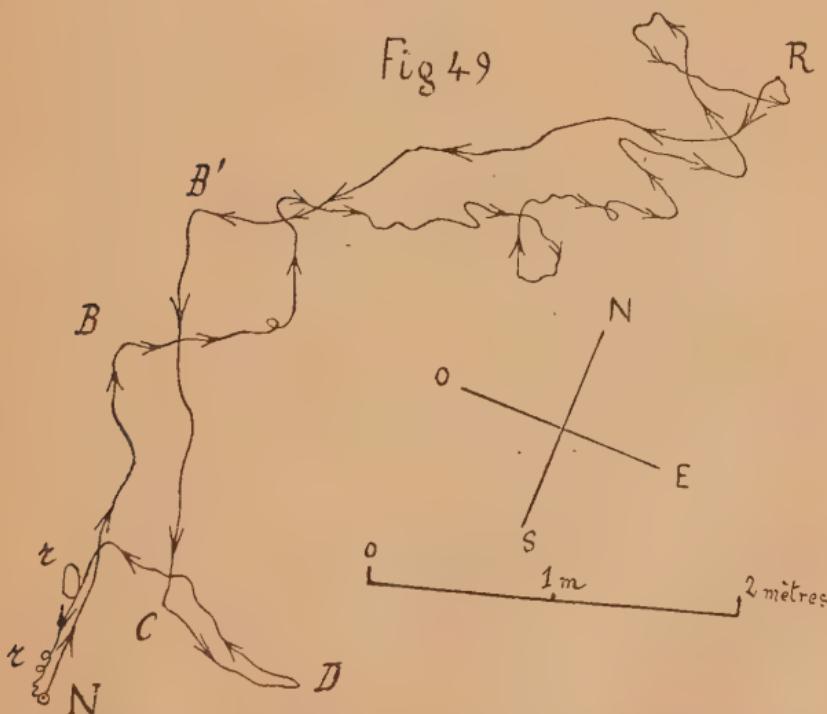


Fig 48



dix cas observés par moi de ces rares trajets en forme de potence, la fourmi s'est manifestée incapable

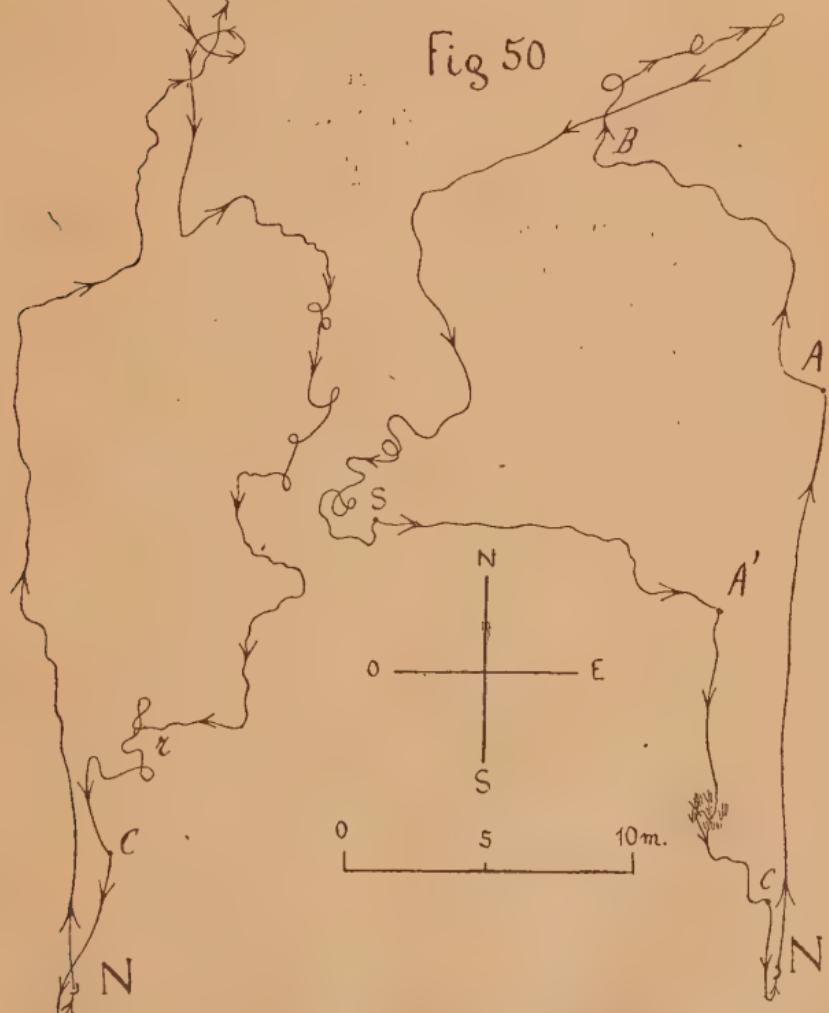
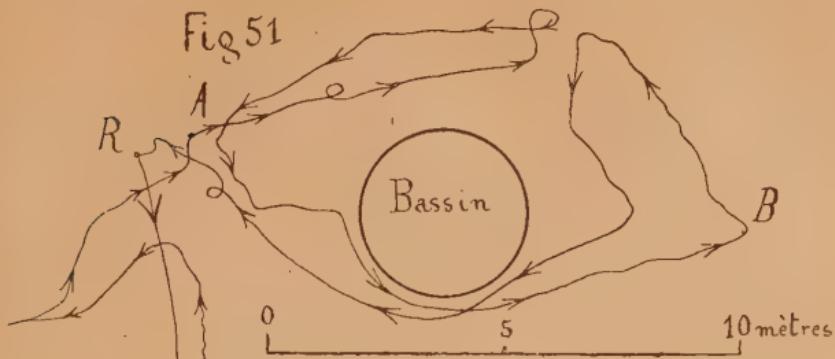
de fermer le triangle NBC. Elle est revenue de C jusqu'en B', point qui peut être à 2 mètres B de vue inadmissible à cette distance), puis reprend en B' l'orientation vers la région du nid. Mes fourmis suivent donc la règle du contre-pied (1). Cela confirme en partie une idée de Darwin que je ne connaissais pas à l'époque de mes observations (enregistrement de l'aller), mais cette fourmi enregistre **les traits généraux de l'aller, pas les détails** (2).

— Nous voyons donc qu'après avoir fait un trajet en forme de potence, tout se passe chez la fourmi comme si elle connaissait en C sa position sur le plan par rapport au lieu N (gîte), mais comme si elle ne la connaissait que polygonalement. En effet, elle instaure successivement (consciemment ou non, cela est sans importance ici) les rapports : CB' presque égal à BC, puis ensuite seulement : angle CB'N égal ou presque à angle NBC, puis enfin : B'N presque égal à NB. Cet insecte paraît donc incapable de fondre ensemble les trois données de l'aller (trigonométrie automatique). Un cheval tendra à revenir de C directement vers N (3). Un Saharien, un sauvage, et même certains civilisés pour des cas simples, interrogés au lieu C, indiqueront plus ou moins bien la direction de C vers N. Revenue de voyage, notre fourmi n'a pas sa représentation interne de l'extérieur, du fait de

(1) Reynaud avait cru pouvoir émettre la loi du contre-pied pour le pigeon voyageur. Thauziès et Hachet-Souplet disent que de tels faits ne constituent que des exceptions pour le pigeon.

(2) L'expression « revenir par le même chemin » est impropre, d'abord parce qu'il n'y a pas de chemin, ensuite parce que le retour est toujours différent dans ses détails et distinct de l'aller. D'après Claparède, P. Bonnier et Reynaud ont repris l'idée de Darwin et la donnent comme nouvelle, dit-il. Avant Darwin le naïf conteur oriental de l'histoire d'Ali-Baba avait eu l'idée très simple d'un enregistrement indépendant de la vue, et sûrement beaucoup d'autres avant lui (voir Mémoire n° 2, 1910, *Trajets de Fourmis*, p. 159).

(3) Voir v. Maday, *Orientirungsvermögen des Pferdes*, p. 54.



sa course, comme d'une surface triangulaire, mais

seulement comme d'une bande coudée de terrain (1) ; et encore : On verra que chez la fourmi supérieure *Myrmecocystus*, l'insecte n'a souvenir que des rares points de la bande de terrain NBC où il s'est arrêté et des endroits où il a marché très lentement ; le monde environnant n'est qu'un dis continu connu, mais très dis continu pour cette fourmi (§ 9).

Exemples. Fig. 48. Trajet en forme de potence chez *Pheidole Pallidula*. N est le trou presque imperceptible au pied d'une marche d'escalier que je viens de laver. Une fourmi sort de N vers A ; elle est conduite par la forme habituelle du pied. L'exploratrice part de A, va en B, puis jusqu'au bord effrité de la marche, de là retour bredouille et reprise de l'angle en B'. Il n'y a aucune hésitation en A' pour reprendre sur la gauche. Cette fourmi est sans vue distincte. L'escalier est très ombragé. — Fig. 49. Belle pièce de collection, parce que tout premier trajet d'une grande *Messor* après des pluies torrentielles. Ombre. L'insecte file vers le Nord sur la boue, puis l'exploration latérale commence en B et va jusqu'en R, où la prise du retour est très nette. En B' l'insecte reprend 0 m. 40 trop tôt sa première orientation générale en sens inverse. L'erreur est minime si l'on songe que la fourmi a eu à défalquer les efforts moteurs qui n'ont pas été faits dans le sens de B vers R, c'est-à-dire dans le sens E.-N.-E. Notre insecte se croit arrivé près du gîte au lieu C, le cherche du mauvais côté jusqu'en D, compense cette recherche, puis rejoint le gîte après deux recherches locales (t. T.) en r, r. Rentrée bredouille. — Fig. 50. O et S. Grande *Myrmecocystus* part vers le Nord, à allure moyenne, du gîte N jusqu'en A, où la deuxième orientation intervient puis régit l'exploration en alternant avec la direction Nord ou son inverse. Lorsque je donne du

(1) Capturée à l'arrivée au gîte et reportée en S, *Myrmecocystus* reviendra de S' vers C' ; voir fig. 52.

Fig 52

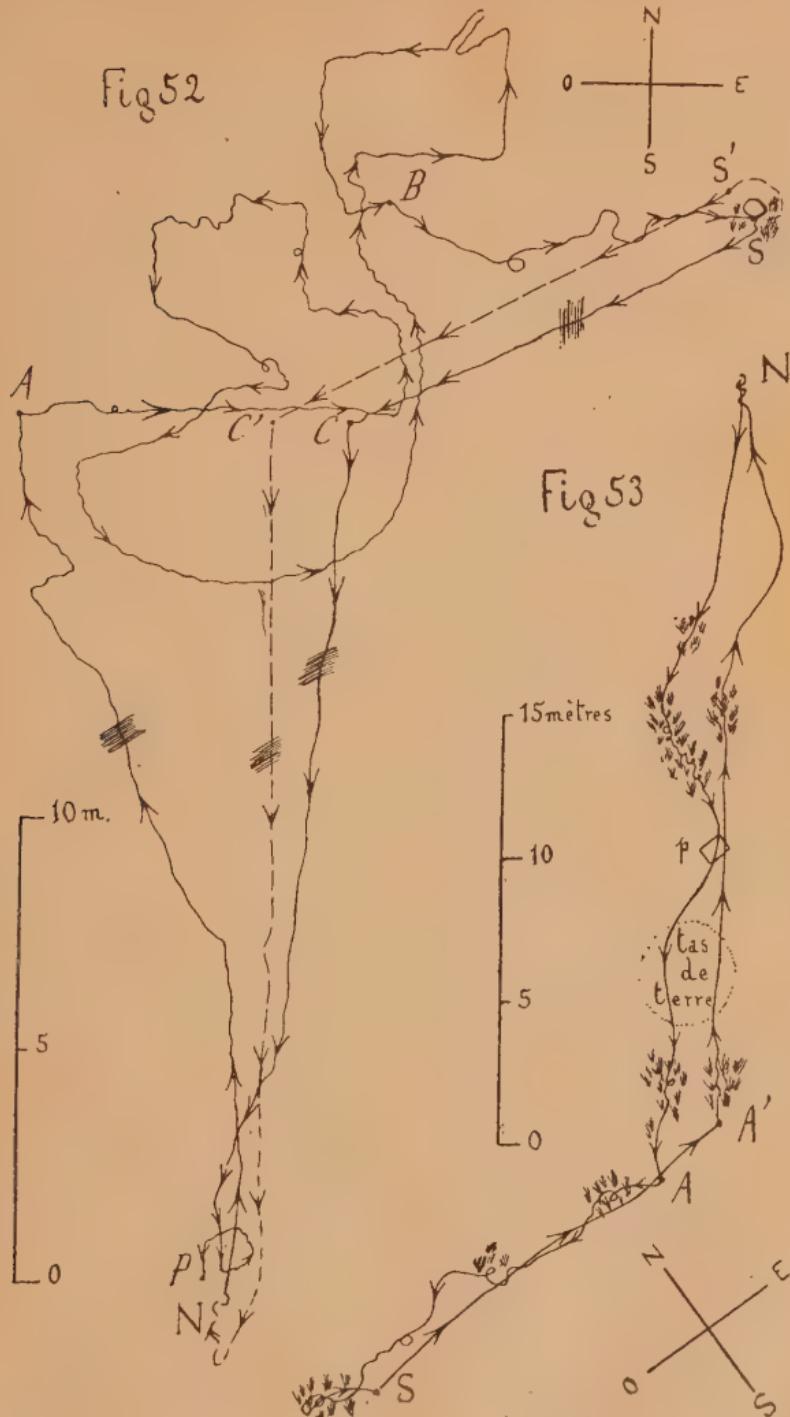
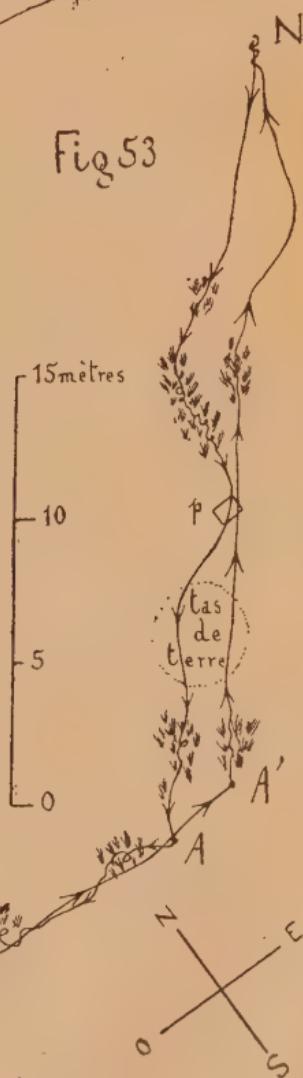
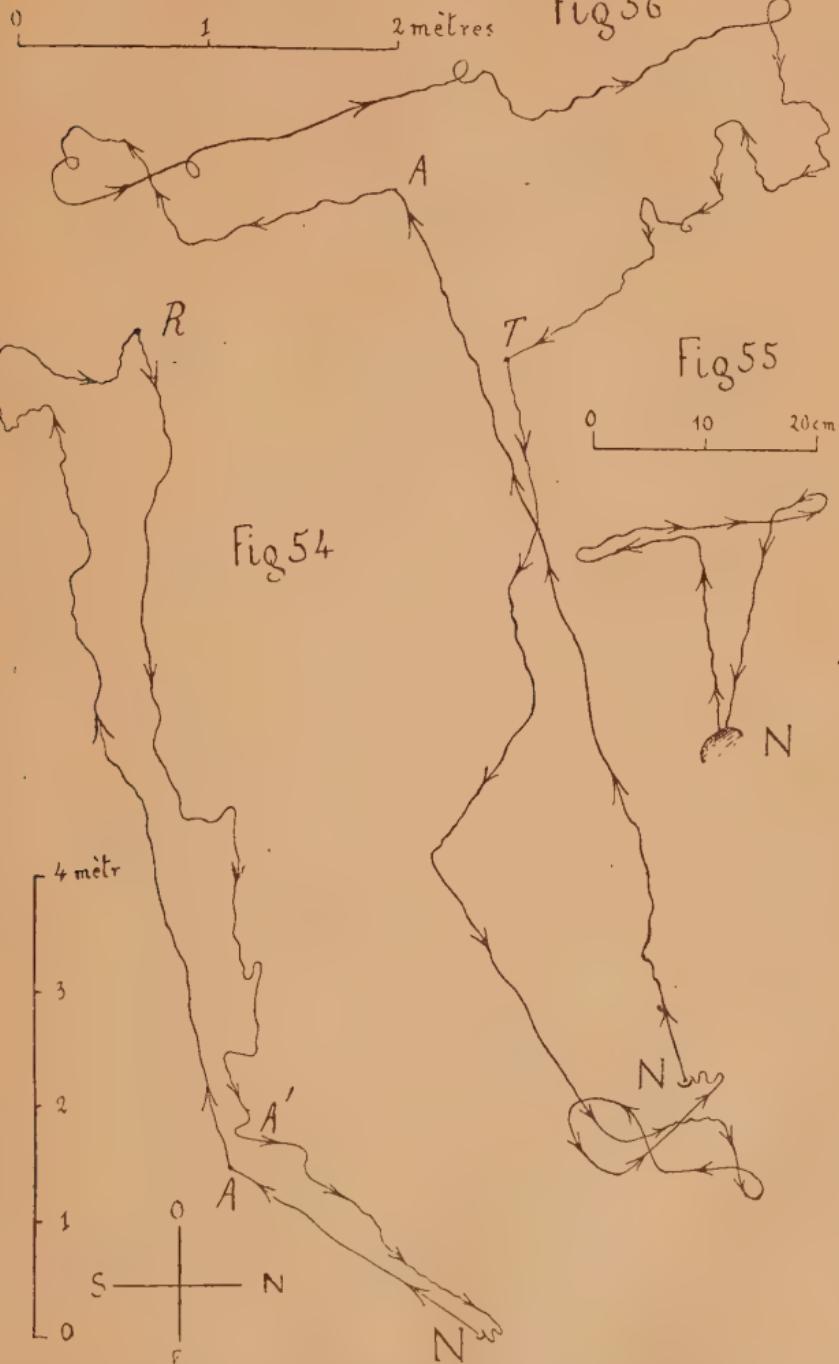


Fig 53



sucre en S, l'insecte **compense** à peu près tout ce

qu'il a fait dans le sens occidental à la première orientation NA, et cela en perpendiculaire. Il reprend 2 mètres trop tôt, en A', la première orientation et trouve un point de repère C (voir § 9). — Fig. 51. O. et S. *Myrmecocystus* moyenne fait une exploration du nid N jusqu'en A, et d'ici deux trajets vers l'Est jusqu'en B. La vue des hauts bords clairs d'un bassin a influencé la forme du deuxième trajet. L'insecte revenu en R, à 1 mètre du lieu A, où ne se trouve aucun objet vertical, prend nettement le retour intéressant parce qu'il cherche encore vainement une provende. Au lieu r, il y a une recherche prématuée du gîte, puis la découverte d'un point de repère en C. — Fig. 52. Une grande *Myrmecocystus*, après un départ rapide sur 3 mètres, continue assez lentement jusqu'en A et entreprend à partir d'ici une exploration latérale vers l'Est. Il y a deux grands espaces de recherches, puis le trajet reprend vers l'Est à partir de B jusqu'au pied d'un eucalyptus, dans des herbes où je jette du sucre au point S. L'insecte emportant la provende revient en course rapide de S en C, perpendiculairement à NA, et trouve probablement en C un point de repère, car il tourne vers le gîte beaucoup trop tôt mais s'y dirige très bien (caractéristique du point de repère chez l'espèce supérieure, § 9). Je capture la fourmi dans mon chapeau au point P et je vais la remettre exactement au lieu S. Elle décrit un demi-cercle (vue du tronc d'arbre?) puis court de S' en C' parallèlement à l'ancien trajet SC. Il y a erreur de 1 m. 50 sur la distance de C à C', mais l'angle du coude réapparaît presque semblable! L'insecte rentre par le Sud sans avoir abandonné son sucre. — Fig. 53 et fig. 54 constituent les deux seuls exemples observés d'un trajet coudé dont l'angle au coude, en A, n'est pas presque droit. A la fig. 53, j'ai figuré schématiquement les mouvements compliqués dans les hautes herbes d'une grande *Myrmecocystus*, laquelle passe ensuite, par une course rapide, par-dessus une prise

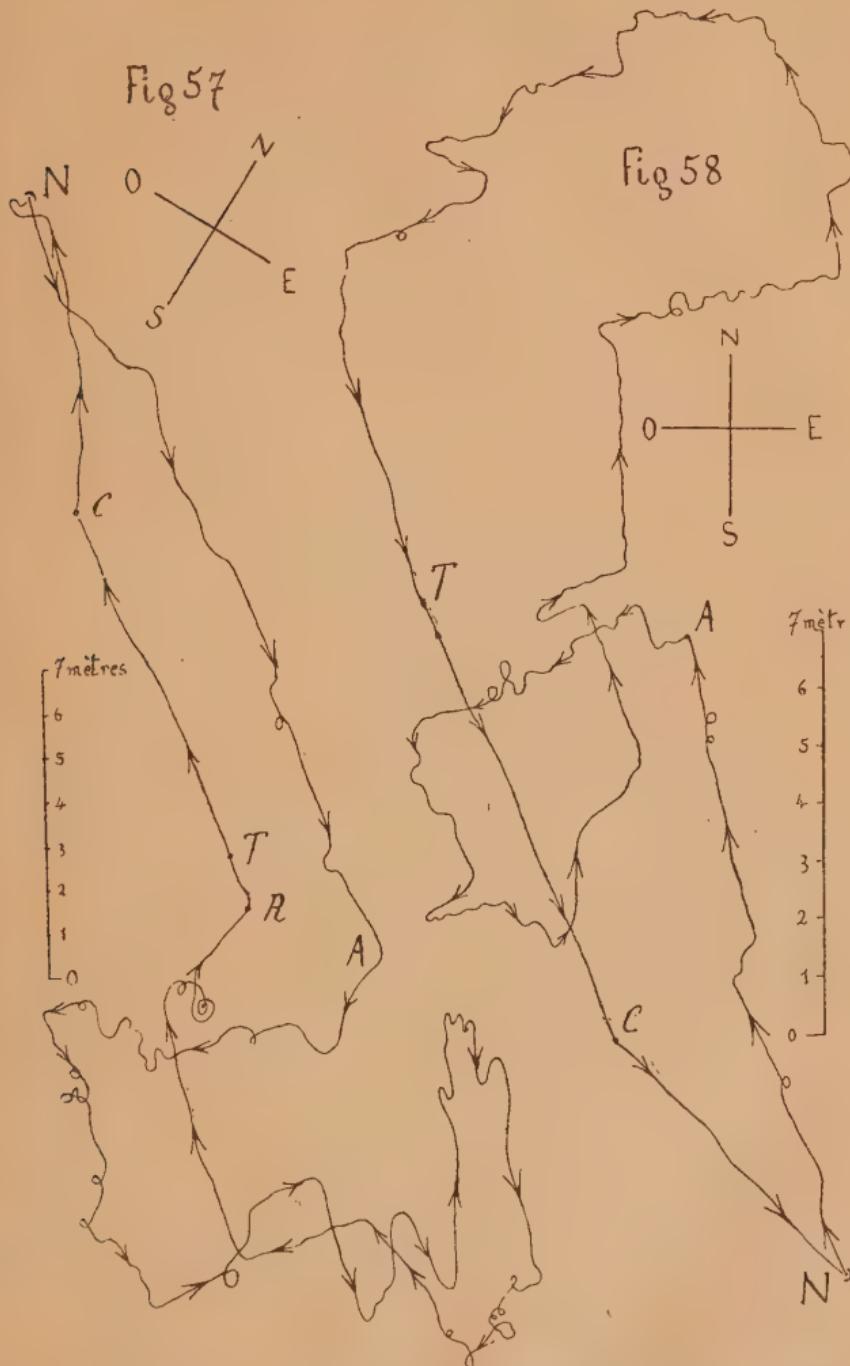


d'eau *p*, puis un tas de terre, pour continuer à nou-

veau dans les herbes, mais toujours avec la même orientation S.-O. jusqu'en A, où la deuxième orientation intervient. Je donne du sucre en S. La fourmi courant très vite, passe à 2 ou 3 centimètres du lieu A. **Si elle revenait par mémoire visuelle, elle aurait tourné vers le gîte au lieu A.** Mais non : elle revient par estime de la distance SA' presque égale à AS. L'erreur AA' est assez forte. — Fig. 54. En terrain très peu habituel à sa tribu, une grande *Messor* fait une exploration infructueuse jusqu'en R; elle refait le coude de l'aller au lieu A'. C'était à l'ombre et par sirocco. — Fig. 55 et fig. 56 sont les deux seuls trajets en forme de double potence ou en forme de T que j'ai vus. L'un, fig. 55, est très court et proche de l'orifice unique large de 4 à 5 centimètres d'une grande tribu de *Messor*. L'autre, fig. 56, à l'ombre et en terrain tout à fait inhabituel à la tribu, affecte la forme d'un grand T grossier. En A la prise en perpendiculaire de la deuxième orientation est très nette. Trouvaille d'une mie de pain en T. Longue recherche du nid N, malgré le contact des congénères. Pour toutes mes espèces, sauf quelquefois pour la fourmi très odorante *Tapinoma*, lorsqu'une fourmi faisant un pénible t. T., ou une fourmi capturée au gîte et tournoyant au lieu du dépôt, rencontre une congénère en possession d'un certain sens de l'espace, la fourmi tournoyant continue à tournoyer. L'une ne peut donc pas communiquer la direction à l'autre. Si cette autre rencontre toute une compagnie serrée de congénères, il y a alors suffisamment d'odeurs fraîches, sauf chez *Myrmecocystus*, où l'on ne voit jamais de telles compagnies (chapitre II, p. 157).

Explorations à deux orientations alternatives reprenant successivement. — Dans les quelques explorations de cette forme que je possède, les orientations reprennent quasi perpendiculairement l'une à l'autre. On dirait que l'orientation latérale se

conjugue à angle droit dans le sensorium sur l'orientation initiale. — Fig. 57. Une grande *Myrmecocystus*,



tation initiale. — Fig. 57. Une grande *Myrmecocystus*,

à l'ombre, prend sa deuxième orientation en A, puis plus tard son retour en R, à 3 mètres de A et à plus de 6 mètres de distance de divers troncs d'arbres environnants. Elle fait une trouvaille en T et arrive en C à une touffe d'herbes où elle rectifie (lieu connu, § 9). — Fig. 58. Une *Myrmecocystus* moyenne fait une exploration à deux orientations. Trouvaille en T, point de repère au lieu C. Bel exemple de lignes d'équilibre orientées perpendiculairement. — Fig. 59. Moyenne *Myrmecocystus*. O. Elle maintient une première orientation vers l'Est pendant un mètre, mais en décrivant lentement des sinuosités que j'ai relevées soigneusement. Ce trajet est à comparer en ceci à celui de la fig. 40. Retour bredouille. Coups de balai figurés en hachures. — Fig. 60. Les orifices N₁, N₂, N₃ et N₄ d'un logis de *Tetramorium cæsp. pun.* sont décrits p. 108 à propos de fig. 46. Une ouvrière part à l'ombre sur terre de jardin de N₄ jusqu'en A, et c'est cette orientation qui réapparaît inverse au lieu R, où l'insecte prend le retour. En celle descend dans un creux, et j'ai donné du sucre en S. Le t. T. qui aboutit au minuscule orifice N₂ est intéressant. Cette exploration se classe encore facilement parmi celles à deux orientations rectangulaires successives. — Fig. 61. Cette figure montre l'exploration la plus compliquée et en apparence la plus irrégulière parmi toutes mes observations. Comme je faisais le travail assez ardu de relever soigneusement cette course, un spectateur me dit : « Voilà bien une fourmi qui ne retrouvera pas son nid ! Que devient votre règle ? — Attendons d'avoir la **vue d'ensemble** de tout le voyage, répondis-je, vous verrez que l'orientation du début vers le N.-E. sera prédominante ». — L'insecte est parti au soleil de N en A vers le N.-E., puis presque en perpendiculaire de A en B, puis à nouveau vers le N.-E., de B en C, puis en sens inverse de C en A', puis en perpendiculaire de A' en B', ensuite irrégulièrement de B' en D ; ici, à l'ombre, le N.-E. domine

Fig 59

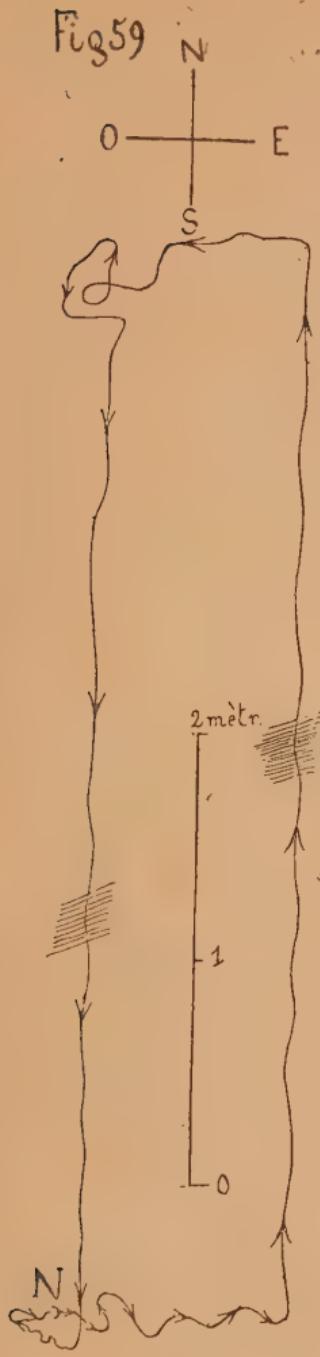
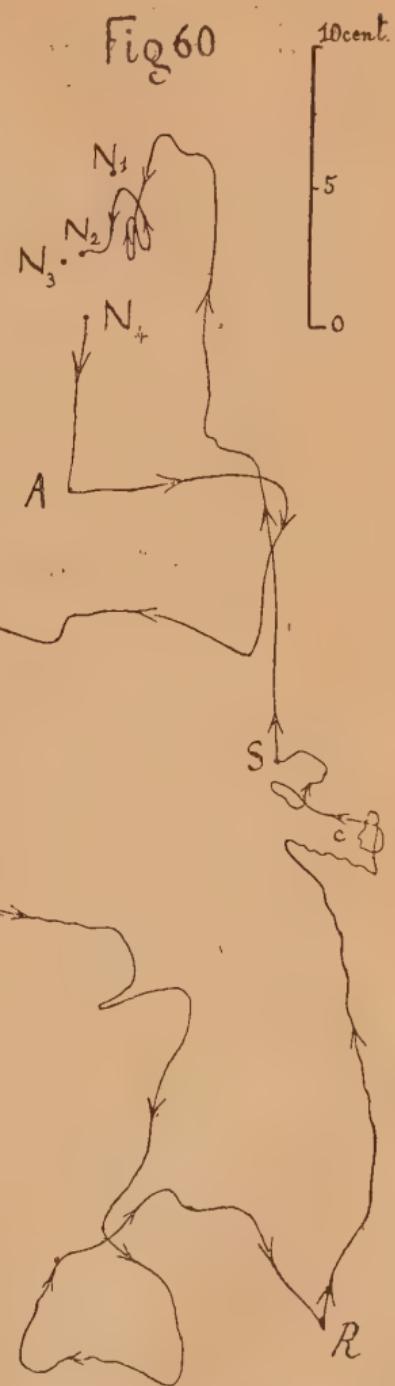


Fig 60



jusqu'en E, puis presque en perpendiculaire de E vers

F, et l'inverse reprend de F en G. Le long trajet de G en H est vers le Nord, donc irrégulier. En R commence le retour, et le trajet est brisé par un coup de vent emportant la fourmi de V en V'. La totalité de la course comporte 153 mètres. Dans le sens initial N.-E., ou son inverse, et presque en perpendiculaire à ce sens, la fourmi a fait 115 mètres. Donc pour ce voyage qui apparait le plus irrégulier, les trois quarts de la course sont faits d'après la règle des trajets à deux orientations successives. Retour bredouille. — Fig. 62. Le seul trajet irrégulier observé chez les *Messor*. Terrain inhabituel à la tribu, à l'ombre. Deux orientations générales reprises successivement sont cependant visibles. Retour bredouille. — Fig. 63. L'unique trajet observé où il n'y ait pas prise du contre-pied. Au soleil. Il s'agit d'une vieille *Myrmecocystus* de très grande taille. Cet insecte invalide d'une patte n'est jamais sorti au delà de quelques mètres et en marchant très lentement. Il a trouvé en C un point de repère dans la région septentrionale du gîte, lieu le plus fréquenté pour cette petite tribu. C'est la partie la moins mal connue de la région proche figurée dans la fig. 67, § 9.

La fig. 64 fait voir le trajet le plus irrégulier observé chez les espèces minuscules. On voit bien une alternance d'orientations successives et le voyage se fait bien dans le sens du départ, mais il est constitué par des lignes courbes qui n'ont pas la régularité de la sinusoïde. Mise en possession du sucre en S, la fourmi, une *Tetramorium cæsp. pun.*, fait une erreur de réorientation très forte de S en B par rapport à la direction de départ de N en A; ensuite l'orientation générale est bien l'inverse de NA. Il est très difficile de s'expliquer comment l'insecte a pu revenir si bien et sans tournoyer vers le trou N unique, et de la dimension d'une tête d'épingle, par-dessus la surface terreuse que j'avais raclé profondément (hachures). — Fig. 65. S. De deux courses à trois

orientations générales, j'ai laissé l'une de côté,

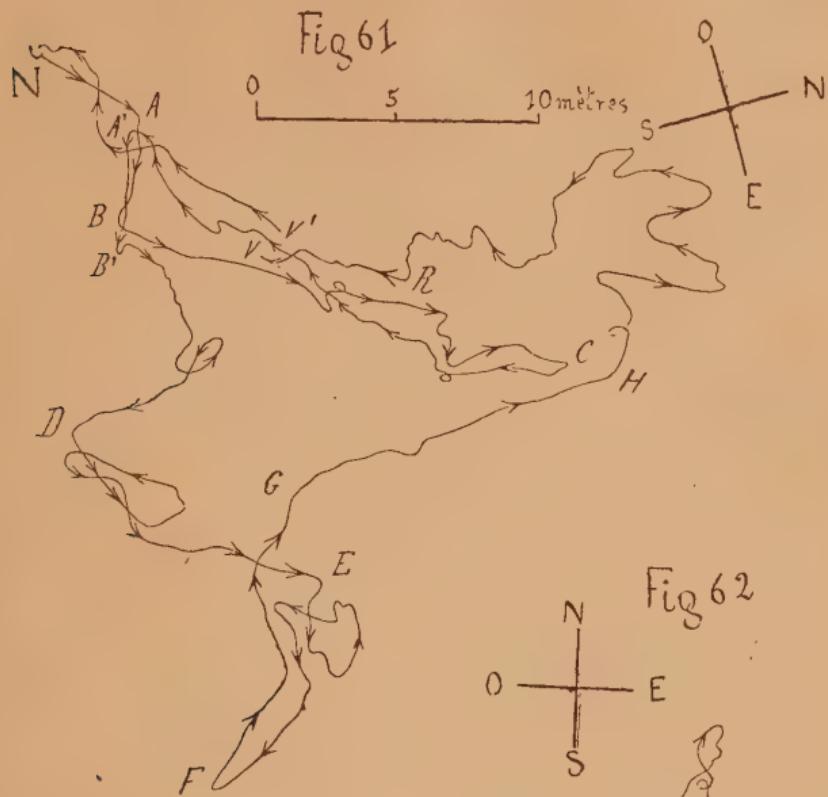


Fig 63

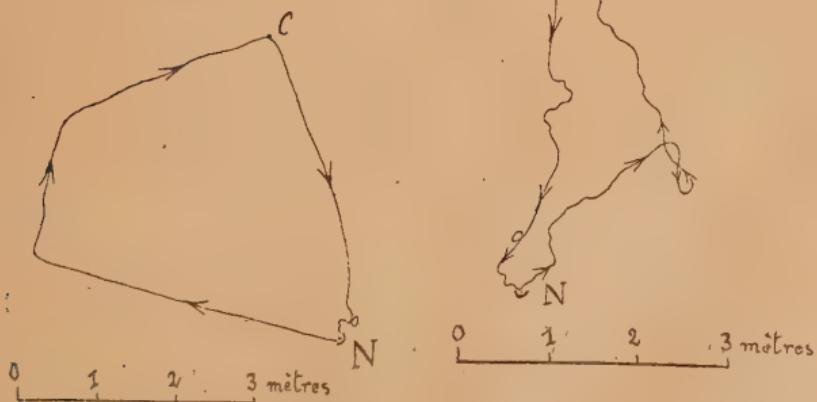
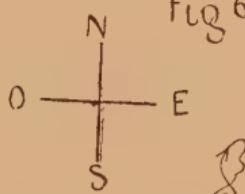


Fig 62

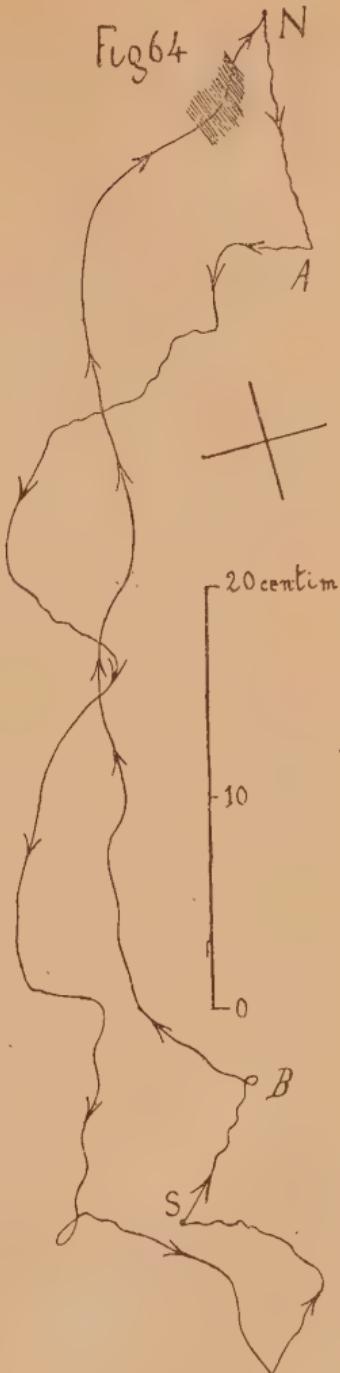
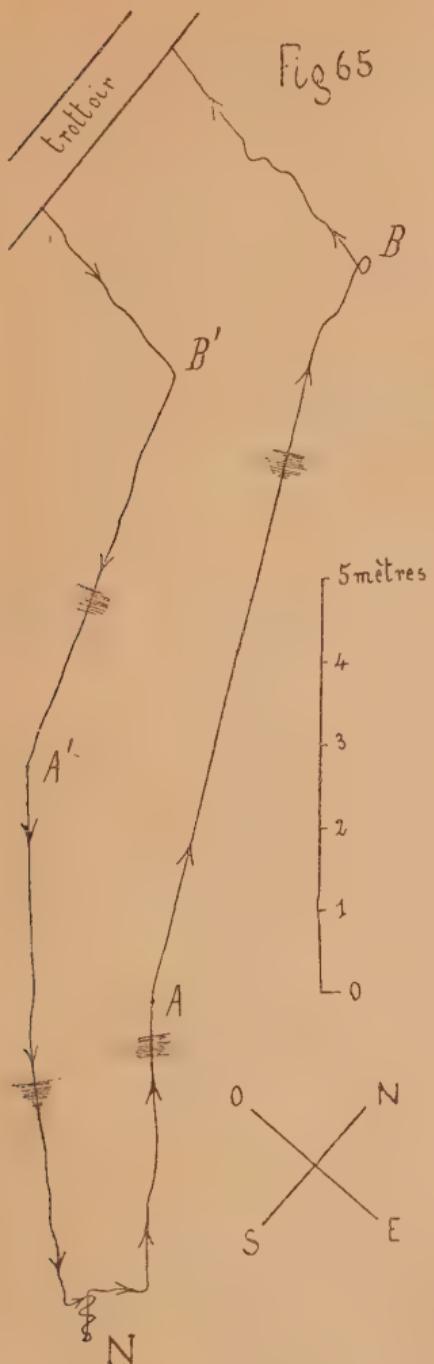


parce que l'insecte, une *Myrmecocystus*, avait marché

parallèlement aux trois murs blancs d'une maison en s'en tenant à un mètre de distance environ. Dans l'exploration que représente la figure, aucun grand objet vertical n'a pu influencer la forme du trajet par sa vue. Après être partie au N.-O. pendant 0 m. 60, la fourmi fait une petite recherche latérale avant de repartir; cela s'observe quelquefois chez *Myrmecocystus*. Ensuite l'insecte va vite en A puis en B, arrive sur un trottoir qu'il explore longuement, ce que je n'ai pas figuré dans le dessin. Il le quitte ensuite à l'ombre jusqu'en B' et revient bredouille par A'. Alors que les erreurs dans l'estimation des distances à refaire au retour sont assez importantes, celles touchant les angles à reprendre en B' et A' sont des plus minimes. Mais ce trajet ayant été fait le matin au soleil peut s'interpréter en partie au moyen de la théorie de Santschi (p. 93). L'insecte aurait eu successivement trois rétinules sensibilisées sur l'œil droit. Après avoir quitté le trottoir jusqu'en B' (ombre) par pure conservation de la troisième direction de l'aller, il se serait ensuite placé de façon à avoir successivement sensibilisées les deux rétinules diamétralement opposées à celles de son œil droit. Le fait du soleil enlève au document une partie de son intérêt.

RÉSUMÉ DU § 8

Sur plus de 200 courses plus ou moins lointaines de fourmis exploratrices ou présumées telles (épreuve du balai), l'auteur en a observé 21 au cours desquelles une deuxième orientation générale intervient, soit en un trajet coudé, soit alternativement. Dans 2 cas sur ces 21 (fig. 53 et fig. 54), la deuxième orientation n'a pas été presque perpendiculaire à l'orientation d'origine. Ce nombre de 21 n'est pas suffisant pour pouvoir



affirmer que la fourmi est incapable de fermer un

triangle ou un polygone par un retour direct lors d'un trajet lointain ; néanmoins la présomption à ce propos est très forte. — La plus forte proportion des trajets à deux orientations générales a été observée chez l'espèce supérieure *Myrmecocystus* : 12 cas sur 50 environ. — Les trajets faisant l'objet de ce chapitre constituent les pièces de collection les plus intéressantes ; elles montrent la mémoire des angles (sens de l'angulation) et la mémoire des distances parcourues mieux que les explorations à une seule orientation du § 6.

§ 9. — La connaissance du monde environnant chez une fourmi d'espèce supérieure (*Myrmecocystus*).

Fabre avait remarqué que les fourmis amazones d'un nid connaissaient mieux la région Nord que la région Sud (1). Mais quelle est la forme de cette connaissance ?

Turner admet chez les fourmis une expérience individuellement acquise guidant ces insectes au retour (2). Or, les diverses expériences de transport du § 2 ne laissent subsister aucun doute maintenant : En région lointaine la fourmi exploratrice ne revient nullement au moyen d'une reconnaissance du terrain, d'une expérience acquise des détails du sol. Ces susdites expériences sont comprendre pourquoi la fourmi ne se préoccupe en rien d'une transformation radicale de la surface par le balai. — Mais, tout à coup, dans la région proche du gîte, le trajet change de forme (fig. 5) et devient ce que j'ai baptisé « le tournoiement de Turner. » Ici, dans ce trajet de tâtonnements à l'aveu-

(1) Claparède, *L'Orientation lointaine*, p. 152.

(2) G. Bohn, *La Naissance et l'intelligence*, p. 243.

glette souvent si long et si pénible à voir chez les fourmis sans vue distincte, il apparaît que l'insecte s'adapte aux circonstances et aux formes du milieu au moyen de ses sens ordinaires. Peut-il y avoir ici « souvenir de certains points de repère » (Turner)? La question est d'un haut intérêt psychologique, car l'idée du « point de repère » n'implique pas seulement le fait de reconnaître un lieu pour l'avoir vu, touché ou senti auparavant, mais aussi le fait de pouvoir réinstituer le rapport de position entre ce lieu et le gîte. C'est là un fait de mémoire associative et d'une représentation plus ou moins durable du monde environnant. Un fait de cet ordre doit être démontré expérimentalement. Voici ce qui m'a amené à comprendre la possibilité d'une étude expérimentale à propos de l'espèce supérieure *Myrmecocystus*.

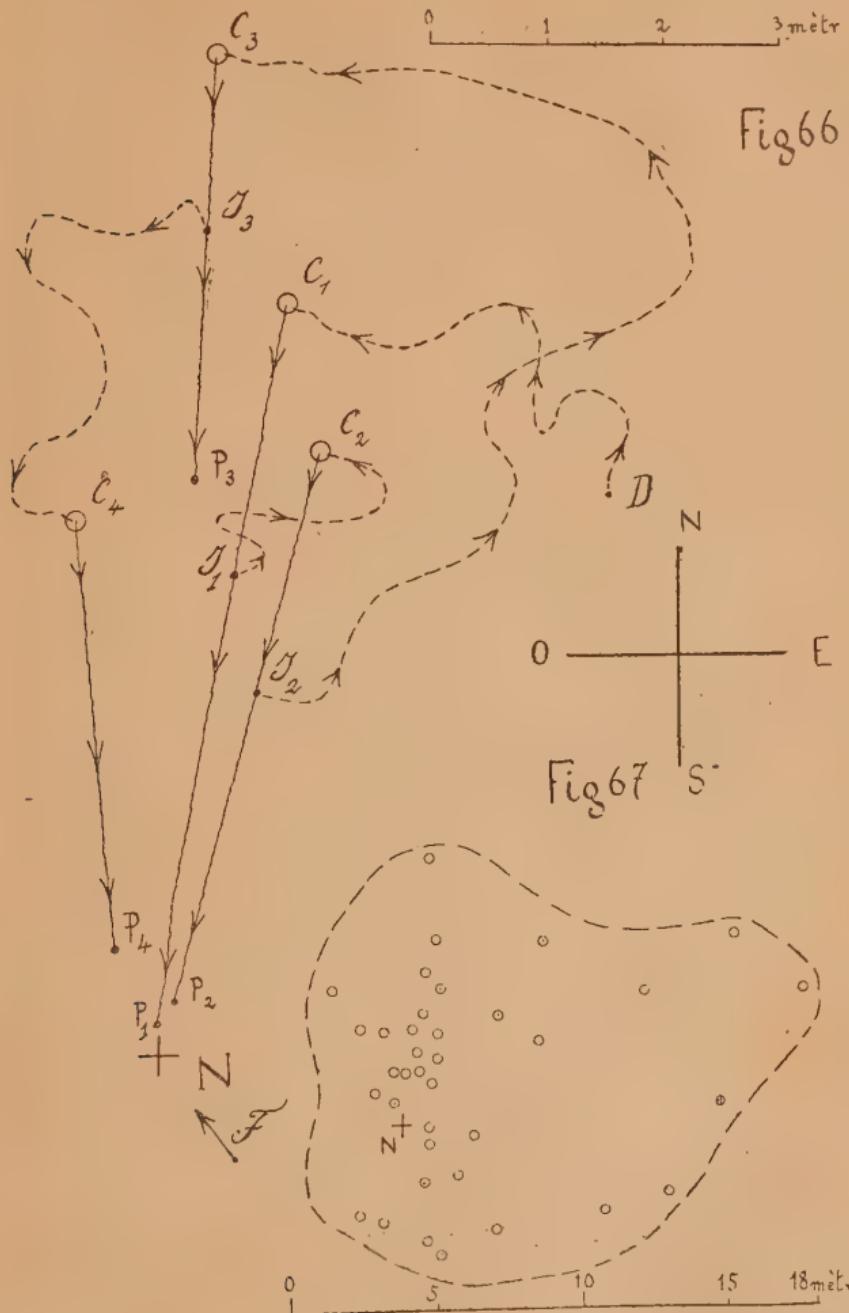
La connaissance de quelques détails sur *Myrmecocystus catagl. bicolor* est nécessaire ici. Cette fourmi de grande taille, haut perchée sur de longues pattes arc-boutées, carnivore et fructivore, ne vit qu'en tribus fort peu nombreuses (100 individus au plus pour ce que j'ai vu). Grâce à sa vue distincte, elle exploite toutes les autres espèces. A la chasse, elle court pour souvent ralentir et saccader sur place plus ou moins rapidement; ses mouvements rappellent alors, mais en un peu moins vite, ceux de certains insectes marchant sur l'eau. La vitesse de sa course peut atteindre 8 à 12 mètres à la minute; **elle n'est aucunement en harmonie avec la courte vue distincte** que cette fourmi peut avoir des buts de sa chasse, tels que fourmis ou insectes blessés ou morts, débris animaux, bribes de fruits sucrés, etc... Supposons un homme myope ne voyant pas le gibier à saisir au-delà de 6 à 8 mètres et qui irait comme un fou en parcourant 800 à 1.200 fois par minute la longueur de son corps, c'est-à-dire qui ferait du 100 kilomètres à l'heure! Lancée en course, notre fourmi passe sur des grains de sucre sans les percevoir car, ralentissant

ou arrêtée quelques décimètres plus loin, elle bondit sur des grains analogues situés à 3 ou 4 centimètres d'elle. L'insecte ailé qui plane se fait probablement des vues d'ensemble sommaires et rapides (Forel), mais notre fourmi a ses yeux à 3 millimètres du sol et son horizon est par conséquent incessamment très restreint. Avec une vitesse 4 à 5 fois moindre et au moyen d'un travail bien moins élevé, cette fourmi rapporterait tout autant de provendes au logis. — Marchant posément à l'allure de 3 mètres à la minute, *Myrmecocystus* perçoit un grand mur blanc à un mètre environ, car alors cet insecte se meut parallèlement à ce mur et tourne autour d'une maison blanche en s'en tenant à un mètre; de même pour un grand tronc d'arbre (fig. 52). Mais si elle court, la même fourmi arrive lancée contre le mur et tente de passer par-dessus l'obstacle comme elle le ferait pour un tas de pierres (fig. 33).

Voici maintenant ce qui m'a fait comprendre que la fourmi *Myrmecocystus* reconnaissait des points de repère dans la région proche. Voyant une telle fourmi qui revient de fort loin, bien parallèlement à la trace de son aller, mais écartée latéralement de plusieurs mètres de cette trace, j'observe que tout à coup, à 3 ou 4 mètres du trou, ma fourmi oblique brusquement en un lieu C d'où elle court droit vers le trou. Un balayage au devant d'elle m'apprend que ce n'est point une sente que la fourmi a reconnue; du reste cette espèce n'en fait point. D'autre part, le lieu C était trop loin du gîte pour admettre une attraction olfactive ou auditive du gîte. L'existence de « points de repère » paraissait très probable. Il s'agissait donc de se rendre compte approximativement de l'étendue de cette région proche à points de repère. Au début, j'entrepris de répéter souvent l'expérience n° 2 (p. 44). Cette répétition fournit, il est vrai, un précieux enseignement.

Une ouvrière capturée au gîte par une paille sucrée

et déposée doucement à quelques décimètres ou à



20 centimètres seulement du trou, erre lentement sur le sol jusqu'à ce qu'elle trouve un point connu C. On

apprend qu'elle n'a aucune représentation d'ensemble, aucune connaissance topographique **continue** des environs immédiats. Mais dès que l'on dépose l'insecte à un mètre et plus de l'orifice, l'observateur perd énormément de temps parce que la fourmi, qui se croit probablement à son gîte, tourne beaucoup sur place et n'a pas ainsi occasion de parcourir de grandes surfaces. J'ai donc imaginé l'expérience représentée à la fig. 66. Je guette une ouvrière F arrivant avec une provende au gîte figuré par une croix, ou partant de ce dernier. En introduisant une pelle en fer dans le terrain meuble sous l'insecte, je le capture. L'agile fourmi bondit hors de la pelle et saute dans mon grand chapeau. En faisant plusieurs tours sur moi-même, je m'en vais déposer l'insecte en un point D. La fourmi se sauve en courant sur un grand espace, ce qui était l'effet que je désirais. Tout à coup, en un lieu C₁, elle part, bien dirigée vers le gîte N, en oscillant, sinuant ou saccadant. Au moment de l'arrivée, en P₁, je capture à nouveau l'insecte et m'en vais le déposer bien exactement en un point I₁ de la trace C₁P₁ qu'il vient de faire. Il ne s'y reconnaît jamais, court au hasard jusqu'à ce qu'il reconnaisse un lieu connu isolé C₂ d'où il court vers le nid, et ainsi de suite. Je puis répéter la prise jusqu'à six et sept fois avec la même fourmi, et j'obtiens ainsi autant de lieux connus C. Mais lorsque je dépose ma fourmi prise en P₁ ou P_n au lieu C₁ ou C_n, elle s'y reconnaît de suite et court à nouveau vers le gîte. En pointant à la fig. 67 tous les lieux C ainsi obtenus avec diverses ouvrières, j'ai approximativement la région connue proche du gîte. Je n'ai pas porté les nombreux lieux C dans un périmètre de un mètre autour du gîte. Lorsque je dépose une fourmi capturée à l'arrivée au gîte en un point D au delà d'une dizaine de mètres du gîte N, ou bien mon insecte a la chance de recouper la région proche, et alors il y retrouve tôt ou tard un lieu C ; ou bien il erre et se perd au

loin. Ce n'est pas qu'il n'y ait pas de lieux connus C au loin, lieux où l'insecte s'arrêta jadis, mais la chance de trouver un tel lieu est très petite, en région lointaine, parce que les lieux connus s'espacent en raison du carré de la distance au gîte. La région connue par expérience individuelle est donc un **connu très discontinu**. Turner a donc raison d'admettre des points de repère ; mais la fourmi d'espèce supérieure ne se guide par eux **qu'en région proche** (expériences du § 2) et **d'une façon intermittente**.

Analysons maintenant l'association entre des sensations anciennes et des sensations actuelles que l'on constate en un lieu C.

J'admets que ma fourmi *Myrmecocystus* s'y reconnaît par mémoire visuelle pour y être venue jadis et pour s'y être arrêtée. Du moment qu'un tel fait s'est produit jadis, nous savons que la fourmi était alors en possession de la pure direction CN du retour (le retour est fonction de l'aller). Lorsqu'elle reconnaît visuellement le lieu C, l'insecte associe à cette image visuelle ancienne la direction CN prise jadis. Un individu possède donc un petit catalogue d'images visuelles associées chacune à une direction précise CN, un petit nombre de taches blanches séparées par du noir, par de l'inconnu. Déposée en un lieu I, elle ne s'y reconnaît point parce qu'elle est partie de C, lancée dans la direction CN et en course rapide. Ainsi, courant en exploration, elle passe sur du sucre sans le percevoir alors qu'un peu plus loin, arrêtée ou en marche très lente, elle se précipite sur des bribes de sucre.

Nous avons donc maintenant la **forme** discontinue de la connaissance des environs proches, le pouvoir mnémonique spatial. Quelle en est la **durée**, c'est-à-dire le pouvoir mnémonique dans le temps ?

En juin, septembre et décembre 1911, j'ai étudié longuement un nid d'une petite tribu. Les environs du gîte sont restés complètement inchangés jusqu'aux

pluies de fin décembre. Ce sont les mêmes détails de terrain, pas d'herbes, et l'endroit n'est pas du tout fréquenté. En septembre j'ai tout autant de t.T. pour la recherche du trou qu'en juin. Ces recherches durent quelques minutes au plus.

Le catalogue des lieux connus n'est pas augmenté.

Je suppose qu'il est autre et que le souvenir des lieux vus en juillet et août est effacé. Ce qui suit vient à l'appui de cette manière de voir. En décembre, la vie au dehors de mes fourmis est considérablement ralentie par le froid. La température moyenne est alors de 15 degrés contre 25 degrés en septembre et en juin. On ne voit plus de déblayeuses et seulement de très rares sorties d'exploratrices aux heures chaudes. Leur marche est lente, mais la faculté de la conservation de l'orientation du début du voyage n'est pas altérée. Ces exploratrices reviennent bien dirigées vers la région du gîte. Mais la recherche du trou est tout à fait changée. Il faut à une fourmi en général 20, 30 et même 40 minutes de recherches pénibles pour trouver enfin un lieu connu C!

Le catalogue des lieux connus est donc des plus pauvres maintenant. Or le pouvoir visuel ne me paraît pas sensiblement diminué, car mes fourmis voient bien les parcelles de sucre que je sème autour d'elles. Je pense donc qu'en décembre elles ne connaissent si peu de lieux connus C de ces environs inchangés que parce qu'elles ne sont sorties chacune que très peu au cours de ce mois. Leur pouvoir mnémonique, leur connaissance individuelle des environs, leur représentation du monde extérieur serait donc quelque chose de fugtif. Leur individualité psychique en ce qui touche les lieux me paraît être quelque chose de très variable et de courte durée.

Lorsque, comme l'on dit vulgairement, la mémoire a été souvent rafraîchie par rapport à un certain lieu, le souvenir en peut persister assez longtemps. Je

rappelle à ce propos l'observation de Wasmann p. 53, observation que j'ai renouvelée pour l'espèce *Myrmecocystus* en démontrant par le transport que ce n'est point par une connaissance de la région entre les deux gîtes que les fourmis perturbées dans la colonie étaient capables de courir dans la direction du nid abandonné.

Les expériences de ce paragraphe ne donnent pas de résultats clairs avec mes espèces sans vue distincte. Au retour, les exploratrices de ces espèces ne reviennent pas très loin de la trace de leur aller. Elles sont donc ramenées à passer assez près du gîte. Déterminées à en entreprendre la recherche (t. T., fig. 5) par estimation de la distance au retour, ce qui est probablement souvent aussi le cas pour l'espèce *Myrmecocystus*, on ne les voit pas oblier nettement aussi régulièrement. Arrivant aussi près du trou, on ne sait pas s'il y a des points de repère en plus de l'odeur du gîte et de l'audition des stridulations des congénères. Néanmoins on constate quelquefois le souvenir de formes connues parce que souvent rencontrées (pieds de mur proches du nid, formes reconnues même après lavage du terrain). Ainsi les *Messor* de p. 56, qui prenaient à gauche lorsque leur « chemin » les ramenait au contact du pied du trottoir, prennent de nouveau à gauche au contact d'un tout autre endroit de ce pied de trottoir après que le chemin n'était plus fréquenté depuis un jour.

RÉSUMÉ

La connaissance individuellement acquise de la région proche du gîte peut être démontrée expérimentalement pour une espèce à vue distincte. Cette connaissance est un connu discontinu d'une étendue restreinte. Elle paraît variable et de courte durée. Pour deux lieux, nid ancien et

colonie, à propos desquels la fourmi s'est souvent dirigée de l'un vers l'autre, le souvenir de la direction peut persister trois à quatre semaines. La faculté de la conservation de l'orientation du début d'un voyage ne paraît pas altérée par le froid qui diminue la fréquence des sorties au loin. Elle semble être un automatisme hérité.

La mémoire visuelle, nécessaire chez *Myrmecocystus*, car les fourmis de cette espèce, peu nombreuses, ne font pas de sentes odorantes, ne joue au retour d'exploration qu'un court rôle momentané et intermittent à l'arrivée dans la région proche du gîte, car l'insecte possède remarquablement bien les directions correspondantes à chacune des images visuelles de son petit catalogue. Cette fourmi différencie fort bien ces diverses directions, et probablement encore après quelques jours. La différence entre deux directions étant un angle, nous constatons autrement qu'au § 8 (trajets coudés) que cette fourmi a le sens de l'angulation. Ce n'est pas notre ignorance de l'axe de référence des angles chez la fourmi, qui doit nous empêcher de constater qu'elle possède le sens dont il s'agit.

§ 40. — Les trajets dans l'espace à trois dimensions.

Ainsi que je l'ai dit à la page xi (emplacements), toutes les observations qui précédent ont été faites sur de grands plans horizontaux ou peu inclinés, tels qu'on les rencontre habituellement aux alentours des habitations.

Que deviendra la conservation de la direction d'ori-

gine lorsque la fourmi est obligée d'aller au loin sur de grands plans successifs, par exemple en montagne ou dans de grands rochers ? Dans ce cas elle sera bien forcée d'abandonner sa direction primitive d'une façon durable et sans pouvoir la reprendre comme elle le fait dans les hautes herbes lors d'un trajet quasi-aérien. On n'attend pas de moi, je pense, que je réponde d'une façon expérimentale suffisante. Il faudrait pour cela un grand nombre d'observations directes, difficiles à relever. Je me suis contenté d'en faire quelques-unes sur des escaliers, dans les ravins et sur les troncs des grands chênes des montagnes de Kabylie (1911).

Repronons, pour commencer, nos trajets d'exploratrices sur ce que nous appelons de grands plans. En réalité ce sont des surfaces à aspérités, avec des obstacles et des creux. La fourmi rencontre une foule d'objets divers tels que petites mottes de terre, graviers et petites pierres, etc... qui sont de sa taille, puis beaucoup qui sont au-dessus, et enfin des choses très au-dessus de sa grandeur, par exemple des briques et des branches. Si pour les trajets des hommes tout était dans ces proportions autour de nous, nous mènerions une vie abominable. Nous pouvons nous en faire une idée en lisant la description des trajets des voyageurs arctiques sur les champs de glace où sans cesse se présentent des blocs et des pans de glace enchevêtrés. Or la fourmi ne se détourne pas, même chargée : c'est la règle générale. Elle passe par-dessus tous ces obstacles momentanés en maintenant sa direction, et de même dans les herbes enchevêtrées. Ces choses sont des obstacles dans notre esprit, mais pas pour la fourmi, qui les ignore en tant qu'obstacles, parce que le poids d'un tel insecte, même portant une provende, est infime comparé à sa force musculaire.

Cette idée si simple et très féconde est de Remy de Gourmont. Il l'a exposée dans une étude charmante

comme toutes celles de ce charmeur (1). — Un nid de fourmis se trouvant au pied d'un mur, M. de Gourmont voit une fourmi suivant ce pied et allant vers le gîte emprunter indifféremment tantôt le plan vertical, tantôt le plan horizontal. Les fourmis font souvent cela, en effet, même avec une charge. Le fait est facile à expliquer maintenant que nous connaissons la marche de la fourmi (p. xx). L'insecte oscille toujours, même portant une charge, et très souvent l'oscillation s'accentue en un sinuement (fig. 42 et 71, détails de la marche). Ce genre de mouvements est d'une impérieuse nécessité (bâton de l'aveugle) et amène l'insecte à emprunter forcément tantôt un plan, tantôt l'autre.

La fourmi ne sent pas son poids! Le philosophe est allé plus loin en disant : Pour la fourmi le monde est plan! J'avais admis ceci, mais j'en suis revenu parce que plusieurs observations m'ont fait comprendre que la fourmi, laquelle a la sensation des angles décrits dans n'importe quel plan, sent, à la rencontre d'un plan très incliné par rapport au plan de sa marche, que l'angle dièdre l'obligerait à décrire une forte conversion dans l'espace. J'admetts aujourd'hui que la fourmi perçoit certainement la courbure des surfaces. Le monde n'est pas plan pour elle, mais on pourrait dire : le monde est une surface pour la fourmi. Ceci n'a pas d'importance du reste,

(1) (*Promenades philosophiques*, vol. I, p. 53.) Dans un commentaire à l'étude de R. de Gourmont (Revue des Idées, décembre 1909) intitulé : *Le sentiment topographique chez les fourmis*, j'ai fait voir que certains faits lors du retour des fourmis amazones après pillage d'une fourmilière au loin, faits restés mystérieux pour J.-H. Fabre, s'expliquent aisément par des idées qui découlent de celle de R. de Gourmont. Ainsi les abîmes (!), les chutes, la fatigue, tout ce que suppose Fabre ne compte pas pour la fourmi. La violence du choc dans une chute est nulle pour de petits insectes parce qu'elle est fonction de la masse, laquelle est infime par rapport à la puissante contexture de la bestiole.

mais ce qui en a, c'est qu'en effet cet insecte ne sent pas son poids et qu'il est presque insensible à la verticalité (géotropisme), c'est-à-dire aux inclinaisons des plans par rapport à la verticale. Cela ne veut pas dire du tout qu'il soit insensible aux inclinaisons des plans par rapport les uns aux autres (courbure). Il faut prendre garde de ne pas confondre. — La fourmi courueuse *Myrmecocystus* (12 millimètres) passe par-dessus des obstacles même verticaux de 20 à 30 centimètres de haut (fig. 53, p. 121) sans se détourner. Arrivée contre le mur d'une maison, elle tente de passer par-dessus, mais au bout de 30 centimètres d'ascension elle redescend, essaie encore, puis suit le pied du mur. De même, lorsque je dispose un grand plateau de liège incliné de 45 degrés avec le plan horizontal où l'insecte courait droit dans du liège, la fourmi continue pendant 30 à 40 centimètres sur le plateau, puis s'enfuit en perpendiculaire sur sa droite ou sa gauche et saute du plateau. Dans ces cas il s'agit de retours. L'insecte avait passé à côté de la maison à l'aller mais non sur un très grand morceau incliné de liège dans l'autre cas. Il est possible qu'il ait perçu la verticalité et l'inclinaison, mais je crois que la fourmi s'est sentie détournée de sa direction d'une façon durable, chose qui n'avait pas eu lieu à l'aller.

Ces fourmis arrivant contre des plans verticaux très lisses, ne peuvent y grimper. Sentent-elles alors leur poids, ou n'ont-elles simplement que la sensation d'un glissement sous les pattes ? Ce sont en tout cas des cas rares dans le cours de leur existence, cas pour lesquels il y a très probablement sensation de poids chez les fourmis de grande taille. Une *Pheidole pallidula* de 2 millimètres de long, si elle emprunte le mur de la maison, continuera et passera par-dessus alors que *Myrmecocystus* de 12 millimètres de long se refuse à grimper au delà de 30 centimètres. Les poids des deux insectes sont entre eux comme

leurs volumes. Le grand insecte pèse environ 60 fois plus que le petit, mais la force de ce dernier est bien loin d'être proportionnellement inférieure à celle de *Myrmecocystus*, car celle-ci peut être maintenue presque immobile par 15 à 20 *Pheidole*: le poids est environ 60 fois moindre, la force musculaire ne l'est que 20 fois. — L'idée de R. de Gourmont est d'autant plus applicable que l'insecte est plus petit.

L'insensibilité au géotropisme est naturellement le fait à retenir avant tout pour l'étude des trajets sur de grands plans successifs. Lorsque la fourmi est amenée à changer de plan ou de surface d'une façon durable, nous pouvons négliger l'influence de la pesanteur, et c'est ce que nous allons faire en essayant d'établir une théorie des trajets dans l'es-

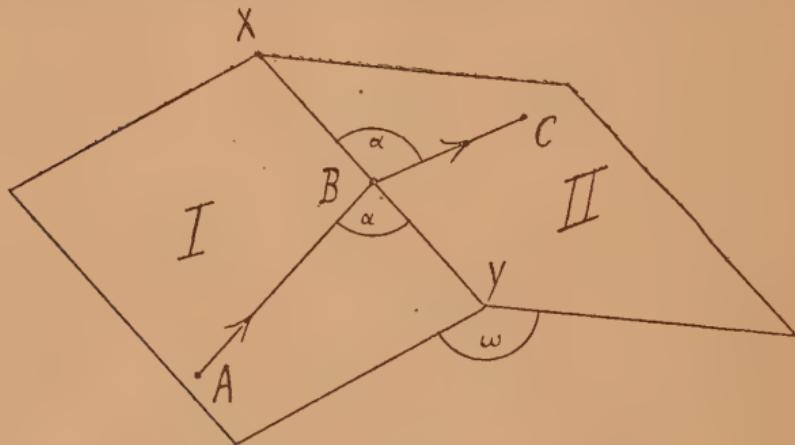


Fig. 68. — Théorie du trajet A B C d'une fourmi marchant droit de A en B sur un plan I et empruntant un autre plan II de B vers C.

pace au moyen de ce que nous avons vu et appris sur un seul grand plan.

Une fourmi isolée exploratrice marche bien droit sur un grand plan I, plan de son gîte par exemple. Sur ce plan incliné de 45 degrés par rapport au plan de l'horizon, tout se passe comme si les fourmis habitaient un plan quasi horizontal. (Très souvent les

Myrmecocystus ont leurs nids sur des plans très inclinés; elles y rayonnent comme d'habitude).

La fourmi est comme lancée de A vers B en droite ligne, parce qu'elle n'a aucune raison d'aller plutôt sur sa droite que sur sa gauche, tant que ses antennes ou sa courte vue distincte ne lui indiquent rien d'intéressant proche de son corps, ainsi que j'ai dit p. 115. Arrivée en B à l'arête des deux plans formant l'angle dièdre ω , que fera-t-elle? Prendre l'arête de B vers X ou de B vers Y, ce serait dévier beaucoup trop sur sa gauche ou sur sa droite. Elle continuera donc sur le deuxième plan II; mais comment? — Supposons qu'au lieu de l'arête XY nous ayons là une petite partie de la surface d'un cylindre dont les génératrices seront selon XY. Dans la nature les arêtes sont souvent arrondies ainsi. Supposons encore qu'au lieu de l'insecte nous ayons un petit chariot allongé, quelque peu flexible dans le sens de la longueur et monté sur plusieurs paires de roues. Notre chariot, très léger, a donc une impulsion selon la direction AB. Il va contourner l'arête arrondie, basculant successivement d'une façon continue en décrivant une plus courte ligne déterminée par l'angle d'arrivée α avec l'arête XY. Il « osculera » en maintenant sa même position de biais par rapport aux génératrices de la portion de surface cylindrique, lignes parallèles à XY. Le chariot, ou la fourmi, se retrouvera donc sur le deuxième plan II, mais dirigé selon une ligne BC qui fera avec l'arête le même angle $\alpha =$ angle XBC que l'angle d'arrivée ABY, et il continuera selon BC. On peut prévoir qu'il faut certaines conditions dans la grandeur de l'angle dièdre ω des deux plans pour que les choses se passent approximativement ainsi, et en effet l'on s'en aperçoit tout de suite dans la nature.

Si l'angle ω , au lieu d'être obtus tel que dans la figure, est aigu, alors le deuxième plan II revient sous le premier. Tout à fait indépendamment de la

pesanteur, l'insecte hésite à continuer parce qu'il sent qu'il serait comme ramené en arrière par rapport à la direction AB dans l'espace, direction qu'il tend à conserver. L'insecte suivra une arête, arrivera peut-être en X, trouvera dans une touffe d'herbes une provende, touffé dans laquelle il fera maints mouvements divers. Il reviendra à peu près parallèlement à XB jusque dans les environs du lieu B et reprendra là quasi parallèlement à BA (contrepied des trajets à plusieurs orientations).

Si ω est zéro, le deuxième plan rabattu par en-dessous n'existe plus, l'insecte refuse a fortiori de basculer et suit les arêtes. Je l'ai expérimenté maintes fois.

Lorsque ω a une grandeur entre 180 et 270 degrés, l'insecte montera sur le deuxième plan et selon BC. Pour ω égalant 270 degrés, le plan II est perpendiculaire au plan I, et c'est le cas des murs dans la nature. Souvent l'insecte monte au mur de biais lorsqu'il est arrivé de biais.

Mais si ω est sensiblement plus grand que 270 degrés, le deuxième plan surplombe le premier; ceci tend à faire revenir la fourmi en arrière en la faisant se renverser par rapport à la direction AB. L'insecte dans ce cas suivra généralement les arêtes.

En résumé, la fourmi arrivée de A en B sous un angle α avec l'arête XY continuera théoriquement dans certains cas de B en C, de façon à ce que BC fasse à nouveau l'angle α avec l'arête. (Dans le dessin en perspective l'angle α sur le plan II apparaît plus grand que sur le plan I.)

La fourmi partie droit d'un point A sur un plan aboutira en un point C d'un deuxième plan, de telle façon que la ligne brisée ABC sera la plus courte ligne brisée de A en C sur les deux plans (angle XBC = angle ABY = α).

Sur un grand plan unique, les exploratrices s'en vont au loin par des rayons, rayons brisés par des

espaces de recherches, parce qu'elles s'éloignent par le plus court (p. 88). Si leur nid était sur une surface courbe, par exemple sur un demi-cylindre de grand rayon, elles s'en iraient au loin par les plus courtes lignes sur la surface, à condition que la courbure ne devienne pas trop forte. Il faudrait que l'angle reste obtus comme dans la figure.

Mais tout ceci est de la théorie, au cours de laquelle j'ai fait forcément abstraction de toutes sortes de circonstances éventuelles lors de l'arrivée de la fourmi à l'arête. Les réalités confirment-elles cette théorie? J'ai trop peu d'exemples pour pouvoir répondre absolument : j'en ai de très bons, de passables et de mauvais.

Exemples. — On peut provoquer la formation d'un « chemin » de *Pheidole pallidula* sur un escalier en plaçant une petite provende peu odorante à plusieurs marches au-dessous ou au-dessus de la marche où se trouve l'ouverture du nid, et très en biais par rapport à cette ouverture. Mais il faut attendre souvent plusieurs heures avant qu'une exploratrice parte fortuitement du nid avec une direction initiale telle qu'après rencontre des arêtes successives, cette fourmi soit amenée à passer à proximité de la provende. Quelquefois l'insecte suit une assez longue partie d'une arête avant d'emprunter le plan suivant, et le « chemin » futur sera ainsi influencé dans sa forme; mais c'est là une exception. L'exploratrice ne revient pas plus au gîte sur un tel escalier, en utilisant la trace même de son aller, que lors de ses retours sur un seul grand plan; elle reprend à peu près les mêmes directions. Comme on le verra au chapitre II, p. 161, les imitatrices empruntent pendant quelques centimètres seulement la trace odorante du retour ou de l'aller du deuxième voyage de l'exploratrice vers la provende. Cet emprunt suffit à leur donner la direction initiale du « chemin », puis, en cours de trajet, elles reconnaissent quelquefois ça et là une des traces

odorantes de l'exploratrice, ce qui les aide. — Or, pour les « chemins » que j'ai ainsi obtenus, les différences des angles aux arêtes ont été minimes. En rabattant tous les plans de l'escalier sur un même plan, y compris le tracé du « chemin », ce tracé apparaît comme une ligne sinuuse quasi droite qui ne diffère pas d'un tracé analogue sur le plan unique du sol d'un jardin.

J'avais un nid d'*Aphaenogaster testaceopilosa*, sur le mur d'un jardin, à 1 m. 20 du sol terreux. Les exploratrices descendaient généralement, car elles savaient naturellement que le jardin, lieu d'exploitation, se trouvait d'un certain côté, mais beaucoup d'entre elles sont descendues, toujours isolément, en biais par rapport à la ligne du pied du mur. J'ai eu là de **beaux** cas : l'insecte, arrivé au pied en faisant un angle de 40 degrés et repartant sur la terre avec presque le même angle par rapport à la ligne du pied. Mais j'en ai eu de **mauvais** : arrivée au bas en biais sous 40 degrés, par exemple, la fourmi est repartie sous 20 ou 70 degrés comme cas extrêmes. Il doit y avoir bien des variables inconnues, circonstances éventuelles et fortuites lors de l'arrivée au pied d'un mur. Néanmoins, du moment qu'une fourmi **arrive en biais** contre un mur vertical rugeux (ou si elle descend), on peut parier que si elle emprunte le mur, **elle y montera en biais** (ou qu'elle continuera sur le sol en biais dans le cas de la descente). Arrivant lancée en course perpendiculairement, elle montera perpendiculairement, si elle **y monte**.

Voici un **beau** cas. Fig. 69. J'aperçois au point F une grande fourmi *Camponotus maculatus* toute seule sur une route de campagne très ombragée. Elle traverse cette route en biais et à grande vitesse. N'ayant pas de balai, je m'empresse d'aller au devant d'elle pour écraser et racler le sol sous la semelle de mon soulier (hachures), fait qui n'a pas dérangé la fourmi

de sa direction. L'insecte arrive en biais sous un angle d'environ 40 degrés avec l'arête, ou mieux le pied XY d'un petit mur rugueux, angle FAY qui apparaît en raccourci dans le dessin. Sans arrêt, la fourmi grimpe au mur avec la même vitesse qu'au-

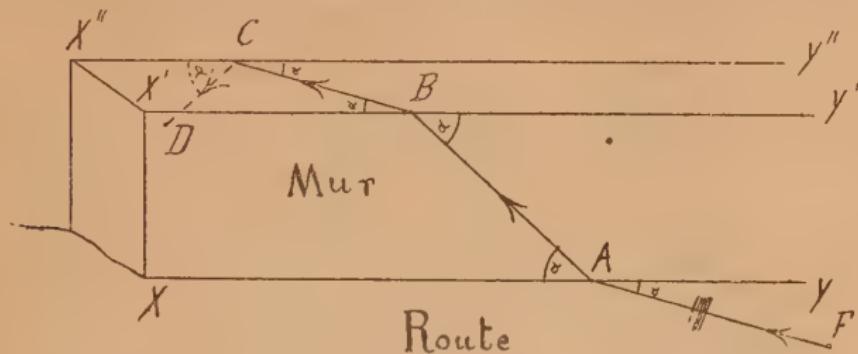


Fig. 69. — Trajet d'une fourmi F par-dessus un mur.

paravant. Elle grimpe en biais, bien droit, et l'angle de montée XAB est presque égal à l'angle α sur le plan de la route. (Cet angle XAB apparaît en vraie grandeur dans la figure.) J'observe le même fait à l'arrivée en B sur le plan horizontal du sommet du mur ; le trajet BC est presque parallèle au trajet FA, et c'est de nouveau le même fait de prise d'angle en C. Au bout d'un trajet CD, invisible dans la figure parce que fait sur le derrière du mur, je perds en D l'insecte dans des feuilles.

Je répète que l'observation constitue un très beau cas, et cela très probablement parce que l'insecte était lancé à une allure très vive.

Ainsi donc la direction CD était déterminée ici par la direction FA et par la rencontre d'angles dièdres de grandeurs données. A voir l'allure de la fourmi lors de sa découverte en F, on pouvait donc calculer le lieu du point D et **parier** que l'insecte passerait forcément à peu de distance de D, mais on ne pouvait pas le **prédir** comme on prédit l'arrivée d'une éclipse. On ne pouvait que parier à 2 ou 3 contre un, et on pouvait perdre le pari. — Les corps célestes,

éléments de la mécanique, se meuvent d'après des **lois**, mais les fourmis, éléments de la biologie, sont des **individus**, quoique étroitement ressemblants entre eux pour une même espèce. Leurs trajets se conforment plus ou moins à des **règles**.

Si la fourmi de fig. 69, partie d'un gîte F avait trouvé une provende en D après recherches dans une touffe d'herbes, par exemple, elle serait revenue approximativement avec la direction DC, aurait abouti aux environs du lieu C puis aurait pris le plan supérieur du fait de l'angle de DC avec la direction de l'arête X''Y'', etc... et serait arrivée finalement dans les environs du gîte F. S'il y avait eu de fortes différences pour la prise des angles α lors des rencontres d'arêtes à l'aller, elles se seraient représentées au retour, car la fourmi a le souvenir des angles décrits.

Je pense que la fourmi exploratrice ne se perd pas plus lors d'un trajet dans l'espace qu'elle ne se perd au cours de ses explorations lointaines sur un seul plan. Mais mon opinion ne se base pas sur un assez grand nombre de faits, comme c'est le cas pour toutes les explorations que l'on a vues dans les paragraphes qui précédent.

Sur des troncs d'arbres, la fourmi arrivant au contact très par côté de la périphérie du pied du tronc devrait théoriquement monter en spirale en faisant plusieurs tours (pas de vis). Elle s'en garde bien ! La surface courbe de l'arbre est une forme habituelle, la fourmi en sent la courbure, courbure qui est rapidement très forte sur les arbres de petit et moyen diamètre, dès que l'on s'écarte d'une génératrice du tronc cylindrique. L'insecte prend par une génératrice ou à peu près, et s'il passe du tronc sur une branche, il possédera au retour l'angle décrit à l'aller, angle que la branche fait avec le tronc.

J'ai observé un terrain de parcours bien droit sur 45 mètres, partant d'un nid de *Camponotus rufo-*

glaucus (ou *cruentatus*?) et allant à un grand chêne de 1 mètre environ de diamètre. Les trajets étaient bien individuels sur des amas de feuilles mortes que je pouvais brouiller au devant d'une fourmi sans la déranger de sa direction générale. C'était à l'ombre, en forêt. Les insectes même arrivant de biais contre le tronc montaient droit. Néanmoins j'en ai vu trois arrivées très en biais et près de manquer l'arbre. Ces trois sont montées, donc séparément, par une spirale, mais par une spirale très allongée et non pas par la spirale théorique. Sur une hauteur de montée de 3 à 4 mètres, l'insecte se trouvait de l'autre côté de l'arbre. Il avait donc tourné d'une demi-circonférence tout en montant. Cela correspond à un angle de montée de 62 à 68 degrés, alors que les insectes étaient arrivés contre le plan tangent vertical du point de contact de la circonférence de la base, avec un angle α qui n'excédait pas 20 degrés. Ces trois insectes se sont quelque peu conformés à la théorie parce que la courbure de la surface est d'autant moins prononcée que le diamètre du tronc d'un arbre est plus grand.

Pour finir, je signale une expérience qui pourrait donner peut-être des résultats intéressants aux myrmécologues qui élèvent des fourmis en chambre.

Soit, dans la fig. 69, le nid en F sur le plancher de la chambre. On mettrait une première fois une importante masse alimentaire très odorante pour les fourmis contre le mur vertical, au lieu B. Ce lieu serait centre d'attraction d'odeur rayonnante. Dans ce cas les fourmis ne doivent pas aller par une plus courte ligne FAB, mais bien marcher de par l'attraction, si je ne me trompe, selon la trace dans le plan horizontal d'un plan perpendiculaire au plancher de la chambre, plan passant par B et par F. Elles devront arriver sur la gauche du point A et au pied de la perpendiculaire abaissée de B sur XY, d'où elles monteront par cette perpendiculaire.

Une autre fois et en un autre lieu B du mur on mettra une petite provende non odorante. Celle-ci ne sera découverte qu'après un temps plus long que dans le premier cas, et seulement lorsqu'une exploratrice sera partie fortuitement de F vers A. Ici le « chemin » de fourmis, phénomène consécutif cette fois, devrait s'établir à peu près par le plus court, c'est-à-dire d'après la ligne FAB.

RÉSUMÉ DU § 10.

Pour les trajets dans l'espace, on peut négliger en général l'influence de la pesanteur, et cela surtout pour les petites espèces.

Sur des surfaces dites planes, à aspérités et à obstacles peu importants, ainsi que dans les herbes, les exploratrices maintiennent le sens de leur direction primitive dans l'espace.

Sur de grands plans successifs ou des surfaces de courbure modérée, on peut s'attendre à ce qu'un trajet au loin d'une isolée exploratrice soit fonction de la direction d'origine prise au début sur le plan du nid et des angles dièdres des plans successifs rencontrés (courbures), de telle façon que la fourmi maintienne plus ou moins bien le même angle avec chaque arête en basculant autour de cette dernière, mais à condition que cette fourmi ne soit pas trop dérangée de la direction avec laquelle elle arrive chaque fois à l'arête. A la rencontre d'un plan surplombant ou bien obligeant l'insecte à revenir comme en arrière en dessous du plan qu'il va quitter, la fourmi suivra généralement les arêtes et marchera au retour presque parallèlement avec ces dernières.

Ce ne sont là que des indications, le sujet étant encore trop mal étudié expérimentalement.

Si, au moyen d'un grand nombre d'observations, on obtenait une forte majorité de trajets confirmant la théorie du basculement par le plus court autour des arêtes, il ne serait pas nécessaire de concevoir qu'une fourmi arrivée en D (fig. 69) ait conservé la direction de départ FA. Il suffirait en effet qu'elle ait conservé la dernière direction CD pour pouvoir être reconduite dans les environs du point F.

CHAPITRE II

Les trajets collectifs.

Un observateur non averti qui remarque une file de fourmis rousses (*Pheidole*) allant droit du pied d'un mur à une fenêtre où la cuisinière a oublié des aliments, par exemple du fromage dans une assiette, croira à un extraordinaire odorat chez ces fourmis. Lorsqu'on lui montre qu'un cube de fromage de 3 centimètres de côté ne peut attirer une *Pheidole* qu'à 3 ou 4 centimètres de distance, notre observateur dira : « C'est l'instinct ! » — Il est aussi désagréable en général à un homme d'avouer son ignorance que de se montrer tout nu. Par un sentiment de pudeur mentale, il abrite cette ignorance au moyen du mot *instinct*, vocable qui a fait grande fortune de par le monde. Instinct comme instigation vient de « *instinguo* » qui veut dire « pousser à ». Par « *instinct* », on désignait le quelque chose inconnu qui pousse un animal à un acte. Franken a puréunir 8 définitions du mot instinct pour les physiologues et 12 pour les psychologues (1). Le mot instinct me fait l'effet d'un vieil habit tout déformé et usé à force d'avoir servi à vêtir beaucoup d'idées problématiques diverses.

Commençons par nous expliquer le fait du chemin des fourmis rousses allant au fromage par le mur.

Lorsque l'activité des fourmis d'un petit nid n'est

(1) Franken, *Instinkt und Intelligenz eines Hundes*, Zeitschr. für ang. Psychologie. Leipzig, 1910, Bd 4.

pas accaparée par un chemin temporaire ou une route permanente, c'est-à-dire tant qu'une exploratrice n'est pas arrivée par chance à une provende, fait naissant qui est la cause initiale du trajet collectif, il part au cours de la journée des centaines d'exploratrices de tous côtés. Chez les espèces sans vue distincte, par exemple les *Messor*, les *Pheidole*, etc... huit ou neuf exploratrices sur dix reviennent bêdouille d'exploration, malgré toutes leurs recherches le long du secteur étroit ou mieux de la bande de terrain beaucoup plus longue que large qu'elles ont explorés. Chez *Myrmecocystus*, espèce à courte vue distincte, c'est la proportion inverse; huit ou neuf fourmis sur dix reviennent avec un débris d'insecte ou une provende animale; mais il faut à ces fourmis coureuses un nombre énorme de mouvements divers pour découvrir une telle provende.

C'est donc grâce au grand nombre des exploratrices et grâce au très grand nombre de leurs mouvements qu'une exploratrice réussit à arriver par chance à une provende (1).

J'ai observé cela directement en posant dans mon jardin une assiette de viande, un pot de confitures, un morceau de fromage, etc..... J'avais là des *Pheidole*, des *Tapinoma* et des *Tetramorium* qui passaient isolément à peu de distance de l'objet ; cependant il a fallu souvent près d'une heure d'attente avant qu'une exploratrice arrive au contact. De même avec un régime de bananes pendu dans un hangar et en train de mûrir, les *Pheidole* exploratrices ont suivi toutes les poutres, toutes les lattes, elles explorent tous les clous, toutes les ficelles pendantes jusqu'à ce qu'enfin, après une demi-journée, l'une d'elles arrive à la corde

(1) Il y a pour moi ici une ressemblance étroite avec l'énorme quantité des mouvements que sont obligés de faire les infusoires pour se nourrir (Maupas, dans G. Bohn, *Naissance de l'Intelligence*, p. 272). Il en est de la réussite de la fourmi chercheuse comme du bon billet de loterie.

à laquelle pend le régime. Les attractions à distance sont des cas tout à fait exceptionnels, selon que j'ai vu. J'ai supposé l'attraction olfactive dans les cas d'un pressoir, d'un arbre (figuier), d'un tas de terre fumée, d'un tas de fruits odorants (1), et encore on n'est pas toujours sûr dans ces cas qu'une exploratrice n'arrive pas par chance à proximité de ces grands objets.

§ 4. — Etablissement des trajets collectifs.

Une exploratrice revenue au gîte avec une provende découverte est imitée par des congénères lorsqu'elle repart. Comment est-elle imitée ? Cela dépend des espèces et du plus ou moins d'odeur que peut laisser l'exploratrice sur le sol.

Myrmecocystus cat. bicolor. — Ces fourmis me paraissent incapables de se suivre à l'odeur, tout comme les *Formica* (Forel). La première imitatrice qui part derrière l'exploratrice ne passe pas aux mêmes points. Je suppose que l'imitatrice voit repartir l'exploratrice dans un certain sens et que cela lui suffit pour voyager dans ce sens-là. Mais elle ne voit que le départ, les deux fourmis ne restent pas près l'une de l'autre, l'une ne peut suivre l'autre à la vue et les trajets divergent déjà à courte distance du nid. Lancée dans un certain sens, l'imitatrice fait un grand nombre de recherches en progressant dans ce sens ; il lui faudra par exemple 15 à 20 minutes pour arriver à une provende distante de 20 mètres d'où elle revient ensuite en 2 à 3 minutes de course rapide.

L'absence d'odeur déposée fait que chez cette espèce le trajet collectif reste toujours un « terrain de par-

(1) Voir à ce propos de Ménégaux, *Une observation sur le sens olfactif à distance chez les fourmis* (Inst. G. Psychologique, Paris, 1903).

cours » à trajets espacés latéralement et bien individuels. Il n'y a jamais de « chemin ».

On a vu au § 9 que sa courte vue distincte ne sert à *Myrmecocystus* qu'à voir ses proies et à ne se faire de petites images **locales** que de lieux où elle s'arrête, et que c'est par la conservation de la direction du début que cette fourmi peut aller au loin et en revenir, tout comme pour mes espèces sans vue distincte. Voici un autre exemple qui fait voir l'incapacity pour *Myrmecocystus* de réunir dans sa mémoire visuelle une **succession** d'images visuelles durables.

Lorsque quelques grandes ouvrières travaillent à creuser une colonie, alors que la plupart des autres reste fidèle au nid ancien pendant des semaines et des mois, on voit les quelques séparatistes emporter du nid ancien des larves et surtout des congénères. Pour moi ces fondatrices de la colonie déménagent tout ce qu'elles peuvent vers la colonie et je doute fort que les « recruteuses » emportent une congénère pour lui « faire voir » la colonie, car elles devraient en faire autant, il me semble, lorsqu'un riche lieu de provende a été découvert. Or je n'ai jamais vu de recruteuse emporter une autre fourmi vers un lieu de provende. Mais le motif importe peu ici où il s'agit beaucoup plus de constater des faits que de faire de la psychologie, car j'estime que c'est plutôt au lecteur à faire la psychologie animale d'après les faits relatés.

Huber dit que les recrues déposées « dans la nouvelle fourmilière » retournent ensuite d'elles-mêmes à l'ancienne pour recruter à leur tour de nouveau émigrants, et Forel admet que ces recrues se sont fait des images visuelles au cours de leur transport (1). Je me suis demandé en 1911 si ces auteurs avaient bien **vu et reconnu** une recrue repartant de la colonie. Le **seul moyen** est de marquer la fourmi au

(1) Forel, *Sinnesleben der Insekten*, p. 148 au bas.

moment où elle arrive portée à la colonie, puis de guetter son départ éventuel. Or, j'ai perdu mon temps à attendre vainement ce départ. J'ai séparé alors doucement les deux fourmis qui arrivaient à 3 ou 4 mètres d'une colonie distante de plus de 20 mètres du nid ancien. En y mettant un peu de soin et d'adresse, on y arrive généralement sans perturber la recrue en posant le doigt sur l'ane des grandes pattes de derrière de la recruteuse. La recrue se dégage de l'étreinte des mandibules, reste un instant à considérer sa recruteuse prisonnière, puis tourne lentement sur le sol. Lorsqu'elle est à 0 m. 50 environ je puis donner la liberté à la recruteuse, laquelle, après de vaines recherches pour retrouver sa recrue, s'en va à la colonie. J'ai fait cette expérience 50 fois dont 20 le matin, au soleil peu élevé; chaque fois j'ai suivi la recrue, petite ou moyenne ouvrière et très rarement grande ouvrière, pendant 45 minutes au moins, et souvent pendant 1 heure 30. Cette recrue a maintes fois recoupé la région que sa recruteuse lui avait fait traverser. **Jamais aucune de ces 50 fourmis recrues n'a retrouvé le nid ancien, ni ne s'est dirigée vers ce dernier ; elles ont toutes erré ça et là et je ne les ai quittées que lorsque je les voyais à grande distance du nid ancien.**

J'en conclus que pour l'espèce *Myrmecocystus*, la fourmi recrutée est incapable de revenir de la colonie au nid ancien. Pour pouvoir revenir d'un lieu sans piste odorante, il faut qu'une fourmi ait **marché** d'elle-même et dans un certain sens (p. 46).

Messor. — Chez la fourmi de ce genre, fourmi qui m'a toujours paru la moins vive et la plus stupide, le trajet collectif est généralement très lent à s'établir.

Fig. 70. En N est l'orifice unique d'une tribu de *Messor barbarus*, laquelle mène une vie précaire, car il n'y a ni champ de blé aux environs, ni débris de graminées autour de l'orifice, ni endroit usé sur le pourtour de ce dernier. A 3 heures, à l'ombre, et la

terre étant refroidie, une grande ouvrière va au loin. Je lui donne en G un paquet de graines mélangées à des brins de paille. Jusqu'à 3 h. 20 elle fait un va-et-vient par des traces non identiques, puis des imitatriques sortent qui utilisent probablement l'odeur sur

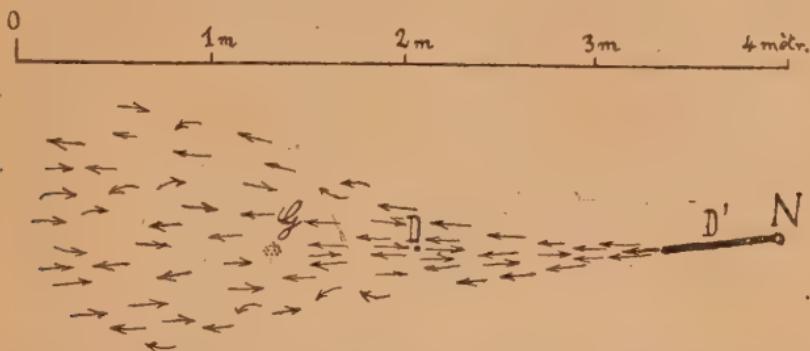


Fig. 70. — Terrain de parcours de Messor 1 h. 20 minutes après que l'exploratrice a découvert les graines G.

une certaine longueur seulement, car elles suivent fortement et cherchent déjà à 0 m. 60 du nid. Mais elles ont maintenant le sens du voyage à faire car, lancées dans ce sens-là, quelques-unes arrivent enfin aux graines à 3 h. 35, mais beaucoup les manquent. Quelques compagnies sortent de N à 3 h. 50, mais les individus perdent vite le contact les uns des autres. A 4 h. 20, j'ai ce que montre la figure 70. Il y a là environ 500 fourmis dans un « terrain de parcours » en forme de figue allongée, et en plus un « chemin » temporaire sur 0 m. 70 à partir du gîte N. Ce chemin est une bande de terrain un peu herbeux, large de 3 à 4 centimètres, où beaucoup de fourmis vont et viennent.

En alimentant le lieu G on obtiendrait la mutation lente du terrain de parcours en un chemin, puis, beaucoup plus tard, les jours suivants la transformation progressive du « chemin » en une « route permanente », visible par l'usure de la surface. Sur mes 500 fourmis, 400 environ seulement tra-

vailtent avec fruit. Ce sont celles qui sont parties bien dirigées comme partent les grains de plomb centraux lancés par un tromblon évasé. Les autres cherchent. A 5 heures il n'y a plus de provende. Tout a été emmagasiné, même les choses inutiles. Cependant à 6 heures on voit environ 200 fourmis qui cherchent encore, qui vont vers G et en reviennent bredouille. Des *Myrmecocystus* auraient cessé au moins à 5 h. 15 (sensibilisation rapide).

Sur le pourtour du nid je capte des ouvrières par une graine, mais des insectes non occupés au chemin (1). Je pose l'insecte en D sur le terrain de parcours. Il erre toujours ça et là comme dans l'expérience n° 2, p. 44. Posé en D', sur le chemin, il erre encore, mais **sur le chemin**, c'est-à-dire qu'il le prend tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Il sort souvent du chemin, puis il y rentre. Finalement il regagne l'orifice, mais péniblement. S'il n'a pas de charge, il se retrouve un peu moins péniblement. Je reviendrai sur ce sujet p. 480.

Genèse d'un chemin de *Pheidole pallidula*. Fig. 71 à 77.

Fig. 71. Sur un escalier de jardin toujours à l'ombre, j'ai un gîte d'une petite tribu. Il y a deux orifices quasi imperceptibles, N₁ et N₂, au pied d'une marche. L'escalier vient d'être lavé à grande eau. Quand il est sec, une *Pheidole* sort de N₁ et voyage vers le S.-E. Les détails de la marche sont figurés en demi grandeur naturelle au-dessous de la figure. Les petits détails s'équilibrent et les grandes sinuosités s'équilibrent à leur tour. Je donne un peu de fromage râpé en P. La fourmi repart avec une erreur de réorientation inappréciable par rapport à sa direction du départ. Il ne peut y avoir attraction olfactive du minuscule trou N₁ à cette distance, attraction qui alors

(1) Ces insectes capturés au gîte ne sont donc pas en possession d'une direction récente.

prédominerait sur celle du trou N₂, et on ne voit pas pourquoi. — Fig. 72. La fourmi repart, elle connaît assez bien la distance. — Fig. 73. Elle repart encore avec une assez forte erreur de direction au départ, mais elle doit savoir que la provende est plutôt sur sa droite, et cela du fait du voyage de la fig 72. La réorientation presque parallèle la conduit à gauche de N₂ où elle erre quelque peu le long du pied de la marche. — Fig. 74. (1) Elle sort de N₂ accompagnée d'une deuxième (2). C'est bien la même, d'après son bon trajet. La deuxième n'emprunte la trace odorante de (1) que sur 3 à 4 centimètres, puis la perd, mais **ne perd pas le sens initial.** — Fig. 75. Plusieurs fourmis sortent maintenant. Quelques-unes prennent le pied de la marche, mais trois (3, 4, 5) empruntent la courte trace commune de (1) et de (2). Elles l'empruntent comme des grains de plomb empruntent le canon du fusil.

Elles arrivent assez péniblement en P et en repartent bien orientées. Je ne mets pas leurs numéros car je ne les distingue plus les unes des autres. A l'arrivée au pied de la marche, elles n'errent pas, à cause du fait naissant qui est le retour de (1) dans fig. 74.

— Fig. 76. Au bout d'une demi-heure j'ai un terrain de parcours en forme de fuseau recourbé. 6 fourmis sont au fromage, et il y en a 14 allant et venant par des trajets individuels. — Fig. 77. Après trois quarts d'heure j'ai un « chemin » large de un centimètre. Sa forme est influencée par le « fait naissant », donc le retour de la fourmi (1) dans fig. 74. Une fourmi captée par un peu de fromage au trou N₁ et posée sur le chemin au milieu des congénères va droit au nid (contact des congénères et discernement à propos de celles qui rentrent?)

A la fig. 78 j'ai représenté agrandie la pointe du fuseau de la fig. 76, c'est-à-dire l'état du parcours tel qu'il était au bout d'une demi-heure. A ce moment, j'ai pris, par de la provende, successivement

dix fourmis dans le trou N₁ et je les ai posées en des points D divers mais près du lieu P. Toutes ont pris le bon sens de retour, c'est-à-dire vers N₂, mais en sinuant fortement. Huit sur dix, arrivées en des points A divers mais proches les uns des autres, ont vacillé puis renversé le mouvement, après quoi elles ont fait un trajet de va-et-vient agité tel que j'en ai figuré un, trajet visiblement influencé par la conservation de la direction DA qui venait d'être maintenue. Lorsqu'un tel insecte recoupe la pointe du fuseau près de P, il paraît ne plus reconnaître le sens à prendre, probablement parce qu'il est perturbé et agité du fait de n'avoir plus eu de détermination suffisante au lieu A. Mais deux de ces fourmis ont très bien continué jusqu'au pied de la marche. Je reviendrai sur cette expérience au § 5 de ce chapitre. On voit donc bien que les susdites fourmis ont été déterminées par des traces odorantes serrées à la pointe du fuseau (40 traces en tout dans les deux sens) et que la détermination n'est plus suffisante huit fois sur dix lorsque les traces s'écartent à hauteur de A. Mais comment ont-elles reconnu le sens à prendre à partir du point de dépôt D? Ces fourmis ne possédaient ni la direction générale, ni aucun souvenir tactile et olfactif du parcours comme ce peut être le cas lorsque l'on prend une fourmi « sur un chemin » pour la poser en un autre point du chemin (Forel).

Je remarque que j'ai chaque fois bien choisi le moment du dépôt en D pour qu'il n'y ait pas contact des congénères, et qu'il n'y a pas eu non plus de contact de D en A.

Tous les faits des fig. 74 à fig. 77 auraient pu se succéder en 5 à 10 minutes suivant que les fourmis sont plus ou moins sensibles, c'est-à-dire suivant le moment de la journée et le temps. Il y a quelquefois des trajets collectifs manqués : Une exploratrice part dans un certain sens mais en sinuant fortement

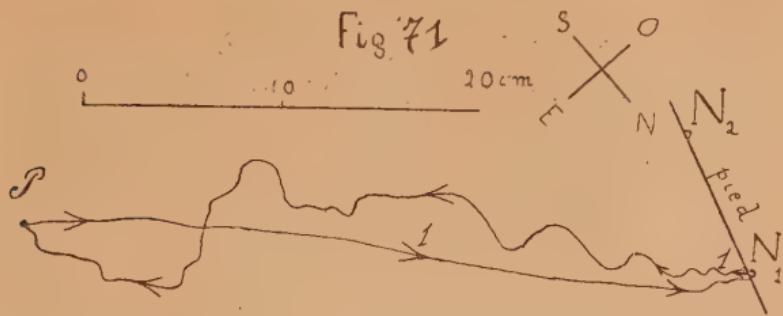
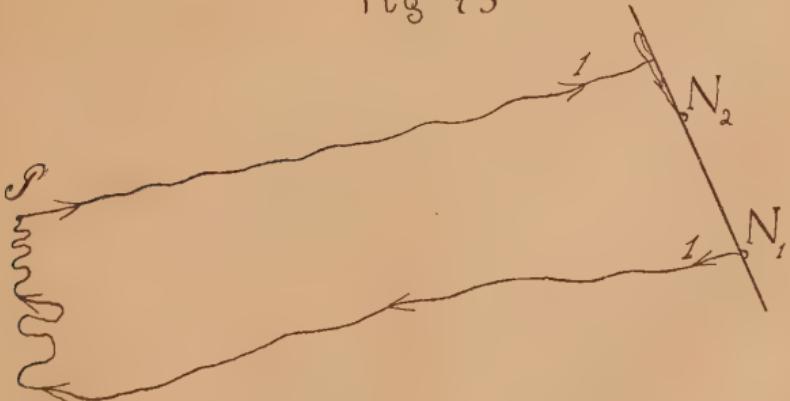


Fig. 72



Fig. 73



après 2 ou 3 centimètres. On voit, après sa rentrée

avec du fromage, une compagnie de *Pheidole* sortir en grande agitation et s'engager sur la trace de l'aller, puis la perdre à cause de la sinuosité et filer en droite ligne. Les insectes se séparent peu à peu, mais en sinuant dans un même sens. Ils recoupent des traces de l'exploratrice, mais ne savent pas s'en servir utilement et reviennent tous bredouilles. Dans ce cas, l'exploratrice n'aura pas laissé intentionnellement de l'odeur, et les coefficients odorants sont insuffisants.

Espèces très odorantes. — Chez *Tapinoma nigerrimum*, le trajet collectif s'établit en entier par l'odeur. Le trajet est une fine ligne invisible au début. Chaque insecte passe où un autre a passé. Santschi a établi par l'observation directe (1) que l'exploratrice de ces espèces peut en trainant son abdomen sur le sol, laisser intentionnellement une indication odorante précise et continue dans les cas où elle aurait trouvé une provende lors de son exploration.

Reconstitution d'un trajet collectif après perturbation chez *Tapinoma*. A l'ombre.

Fig. 79. Sur un « chemin » de *Tapinoma*, fine sente en terre nue de jardin, les insectes vont et viennent rapidement. Je donne un grand coup de balai, et les limites de ce balayage sont indiquées par deux fortes lignes horizontales. La perturbation, qui se propage des deux côtés, dure 3 minutes environ. Les insectes refluent alors comme je l'ai indiqué par deux fortes flèches schématiques. Une première ouvrière, après 3 minutes, 1 (pointillé), arrive lancée, mais se montre vite déroutée. Une deuxième 2 (longs tirets) reflue d'abord puis traverse très en biais à la fin de la quatrième minute. 3 (pointillé) reflue vers 4 minutes et demie.

La perturbation paraît s'être notablement atténuée, car je vois 4 (moyenne ouvrière, petits tirets) traver-

(1) Santschi, *Observations et remarques*, Revue Suisse de zoologie, août 1911; p. 300 et suivantes.

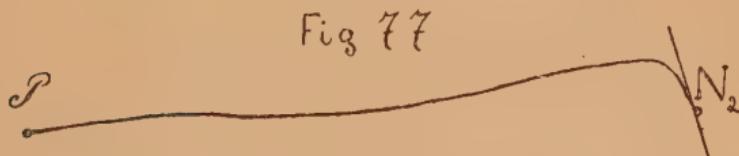
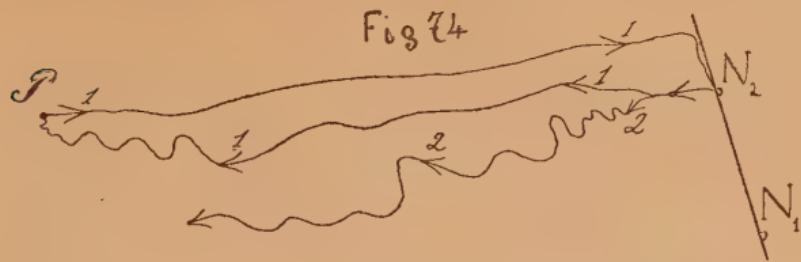
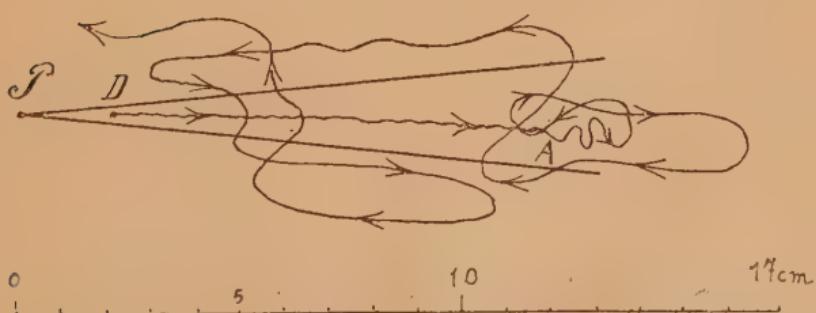


Fig 78



ser assez bien vers la fin de la cinquième minute. De

même pour 5 (grande, ligne pleine) et 6 (grande ouvrière, longs tirets et points), vers 6 minutes et demie, puis pour 7 (grande, petits tirets et points) à la fin de la septième minute. Ensuite les trajets sont analogues aux quatre derniers (4, 5, 6, 7) et tendent à se manifester sur une bande de terrain incurvée contenant dans sa partie médiane large de 2 centimètres, les traces 4, 5, 6 et 7.

Le fait instructif est le suivant : **Après que la perturbation est passée, les grandes ouvrières traversent, grâce seulement à la possession de l'orientation générale (pure direction) du chemin (1).** On retrouvera ce fait démontré autrement p. 179. Dans l'exemple, le chemin s'est ensuite reconstitué selon la bande incurvée susdite. Ce n'est qu'après 16 à 18 minutes que j'ai pu voir une nouvelle arrivante traverser sans hésitation. Je pense qu'il faut dans un tel cas 20 à 25 traces suffisamment rapprochées pour pouvoir créer un coefficient odorant suffisant, et qu'il n'y a pas eu dans l'exemple, vu la perturbation, de fort dépôt intentionnel d'odeur après cette perturbation.

RÉSUMÉ DE § 1

Je n'ai étudié dans le détail ce phénomène consécutif qu'est le trajet collectif que pour *Myrmecocystus*, *Messor*, *Pheidole* et *Tapinoma*. La première espèce (*Myrmecocystus*) et la dernière (*Tapinoma*) constituent les deux extrêmes en ce qui concerne le facteur « odeur déposée ». *Myr-*

(1) Fabre avait fait la même expérience avec les fourmis amazones, et G. Bonnier a raison de dire que l'expérience de Fabre est probante en ce qui touche l'existence d'un sens particulier. Mon expérience est encore plus probante, car l'espèce *Tapinoma* est à la fois l'une des plus aveugles et l'une des plus odorantes.

mecocystus perché sur de hautes pattes, l'arrière-train toujours relevé et pointé vers le ciel, court sans laisser d'odeur, et j'admetts que l'imitatrice voit le départ de l'exploratrice. L'imitatrice de *Tapinoma* par contre suit tout du long à l'odeur. Chez *Messor* et *Pheidole* quelques centimètres de trace fraîche d'aller ou de retour d'une exploratrice paraissent suffire pour donner la direction à l'imitatrice et pour déterminer le sens de sa recherche.

§ 2. — Les routes permanentes.

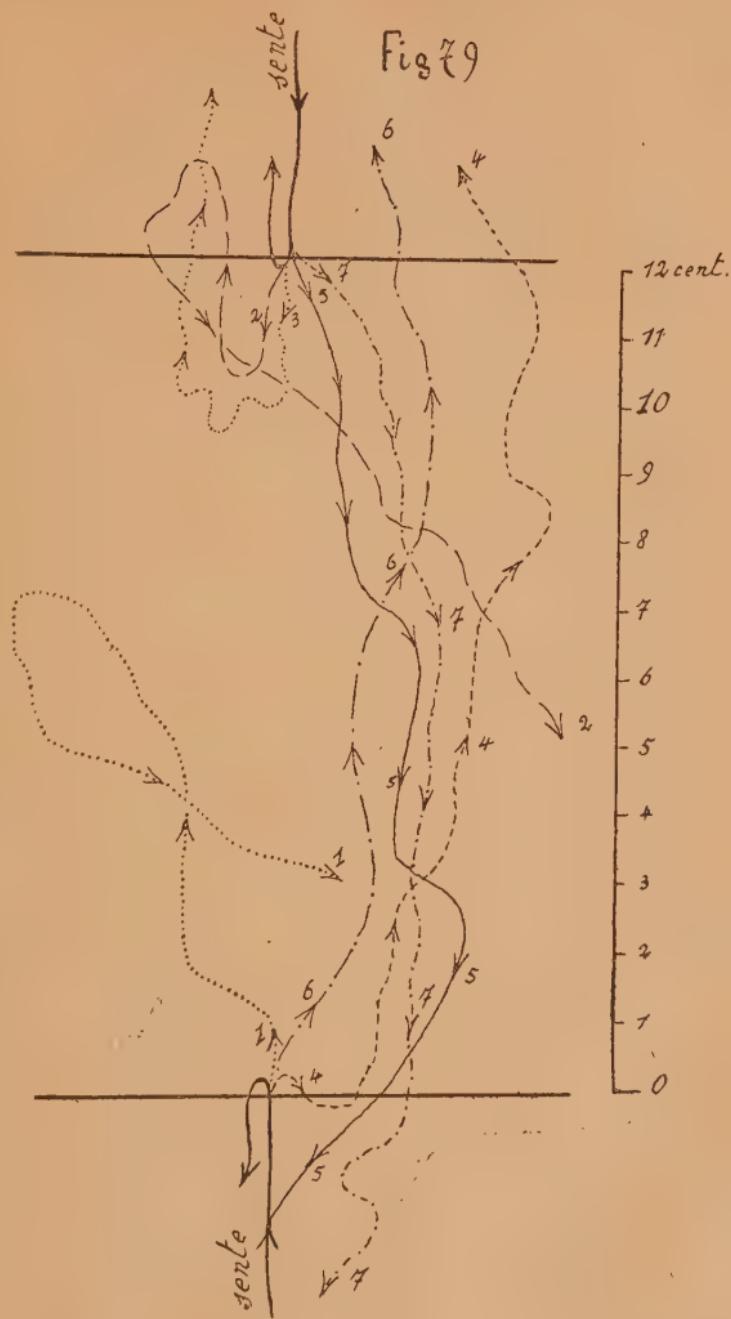
« Les chemins de fourmis s'en vont au loin comme autant de rayons », a dit Huber. C'est bien à peu près ce que montre la fig. 80. Il y a des exceptions assez rares. Un chemin peut avoir deux orientations et faire un coude important. Dans la cour du Musée d'Alger je vois un large terrain de parcours de *Messor* allant en droite ligne du nid à 6 mètres au loin. Là le parcours fait brusquement un angle de 50 degrés à droite et va en droite ligne sur 3 mètres vers le pied d'un figuier (figues desséchées). La provende a été sûrement découverte par une exploratrice qui obliqua à cause de la pénétrante odeur du figuier. Après plusieurs semaines je retrouve le parcours coudé tel qu'avant. Les fourmis n'ont jamais fermé le triangle par un retour droit.

Un chemin de fourmis fréquenté de nombreuses fois devient visible par l'usure du sol et des courtes herbes sèches. Je le nomme alors « route permanente ». Fig. 80. Sur un plateau en Kabylie, j'ai de nombreux établissements de *Messor mediorubra* à orifice unique et sans colonies. Le sol est couvert de graines de graminées sauvages basses et sèches. Les abords des nids sont aussi riches en graines que les

lointains. Auprès de l'orifice N on voit les déblais de graminées (en pointillé), et les routes visibles dont quelques-unes anciennes sont abandonnées (ab.). La grande route vers le Sud-Ouest est fréquentée jusqu'en A. Ici les fourmis s'en détachent et vont isolément, mais dans un même sens, sur un terrain de parcours C₂ en forme de figue. Le deuxième jour elles continuent plus loin, et une ouvrière F ayant trouvé quelque chose ne sait pas rejoindre sur sa gauche la bonne route battue, mais vient la reprendre dans les environs du lieu A. La route fréquentée vers le Nord est intéressante parce qu'elle diminue progressivement de largeur **sans avoir d'embranchements**. Elle est battue sur 4 centimètres de large jusque vers B, n'a plus que 1 centimètre de large aux environs de E, et elle aboutit en un terrain d'exploitation C₁ (trajets individuels). On comprend donc qu'il y a eu des milliers d'allées et de venues de plus du nid en B que de B jusqu'en C, et ainsi de suite. Le terrain de parcours ou d'exploitation en forme de figue s'est donc transporté lentement et progressivement en avant. **La route battue est consécutive à l'exploitation; elle n'a pas été aménagée pour elle.**

Au lieu M est un nid plus récent d'une autre tribu de la même espèce. Les quelques routes sont toutes parcourues. La route Nord-Est diminue progressivement de largeur et aboutit à un grand terrain de parcours C₄. Le terrain d'exploitation C₃ est proche du terrain C₁ de l'autre tribu. Déjà quelques duels ont lieu entre les deux terrains lorsque des isolées arrivent à se toucher en se croisant. Il y aura là prochainement une grande bataille. Les *Myrmecocystus*, hyènes de ce petit monde, fréquentent ces parages et emportent les morts et les blessés.

Fig. 81. Route d'exploitation s'étant produite rapidement (*Messor mediorubra*). Ici le terrain d'exploitation n'a pas été poussé lentement en avant parce



qu'il y a eu dès le début un but lointain précis, une

aire à blé. Je trouve quelques rares fourmis qui s'y rendent environ un jour après l'installation de l'aire. Une exploratrice était donc arrivée à l'aire, et très en biais. Revenant 5 jours tard, je vois ce que montre la figure. Il y a une route nue bien marquée sur la terre et dans les courtes herbes sèches; sa largeur n'est que de 2 centimètres. En A un chemin se détache sur la droite; aucune trace n'est visible, c'est la file habituelle, ou mieux le large cordon d'insectes. La « route » visible continue de A en B sur un centimètre de large, et de B partent deux « chemins ». Toutes les fourmis allant ainsi au loin affluent au lieu C, et c'est en ce point qu'elles viennent se rattacher lors du retour; mais de C il n'y a plus que les trajets individuels d'un « terrain de parcours » allongé délimité dans le dessin par des tirets.

— En observant longuement à hauteur du gîte les retours d'insectes, je chiffrage approximativement comme suit : Sur une douzaine de fourmis, j'ai 3 petites revenant bredouille, 2 à 3 petites et moyennes rapportant des graines sauvages du terrain de parcours situé entre l'aire et le lieu C, 3 petites et quelquefois moyennes rapportant des objets parfaitement inutiles (débris de tiges d'épis), et enfin 3 grandes ouvrières ramenant des grains de blé. Il y a donc beaucoup de fourmis qui ne savent pas de quoi il s'agit, puisqu'elles rapportent des graines sauvages de 9 mètres au loin alors qu'il y a des quantités des mêmes graines tout près autour du nid. La majeure partie du travail est ici un fait de pure routine et imitation.

Quand bien même cette route nette et lisse jusqu'à hauteur de B n'a pas été établie pour l'exploitation et qu'elle n'en est que la conséquence, après plusieurs jours de voyage, nous verrons plus loin qu'elle représente pour les grandes ouvrières quelque chose d'autre qu'une simple trace qui les détermine-rait par son odeur, par ses formes et sa direction générale.

§ 3. — Les transports d'objets inutiles.

Ce fait est connu des myrmécologues : certaines ouvrières rapportent des choses inutiles que d'autres rejettent hors du nid. Il est intéressant pour moi parce que sa fréquence ou son absence me permet de classer mes espèces en inférieures et en supérieures.

Exemples. Des *Messor barbarus*, en « terrain de parcours », rapportent des graines de raisins, objets très durs provenant d'un pressoir. Une ouvrière, petite mais souvent moyenne et quelquefois grande, sur 4 ou 5, rapporte un petit gravier ! Autour de l'orifice du nid établi dans de la marne à interstices (fentes), je vois un petit cratère de graviers d'égale grosseur. J'arrive après quelques essais à pouvoir marquer au moyen d'un pinceau et d'encre noire sept graviers blanchâtres sans que la porteuse lâche l'objet. Le jour suivant je retrouve quatre de mes graviers marqués. Ils ont été rejetés sur le petit cratère ; c'étaient donc des objets **inutiles**.

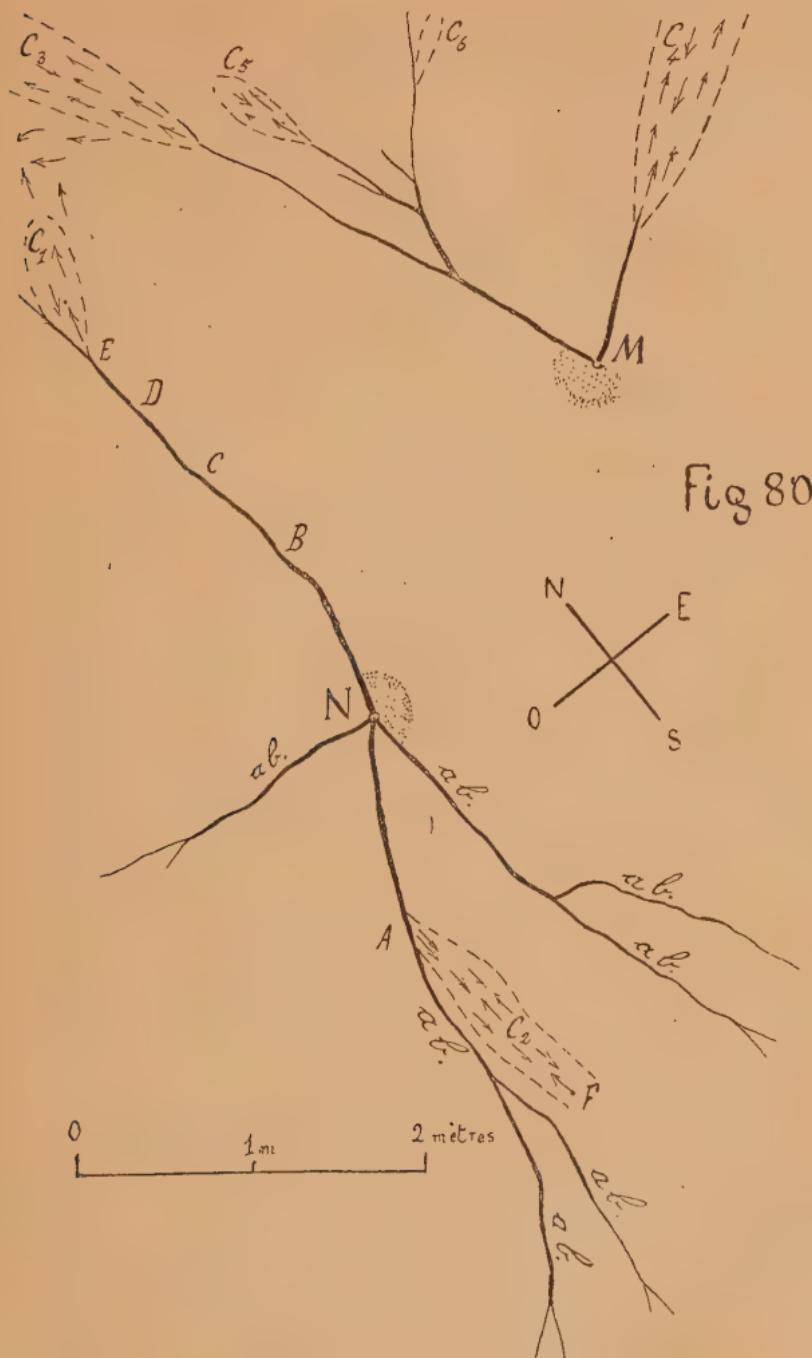
Des *Messor mediorubra* portent sur une pente presque verticale les débris de graminées sortis du nid, et cela jusqu'à 20 et 25 centimètres au lieu de les laisser tomber du bord de l'orifice. Nous savons que c'est le règlement administratif, l'immuable routine de cette fourmilière qu'à l'époque romantique de la biologie on donnait aux hommes comme un modèle d'état ! — Les débris s'accumulent au pied de la pente, à 0 m. 80 de l'orifice. Or, l'on voit des petites et des moyennes descendre vers ces débris et les visiter. Elles n'y trouvent rien d'utile, et pour cause, mais une sur 4 ou 5 remonte avec un brin de paille ou un fragment de tige d'épi sans graine, lequel objet sera à nouveau reporté hors du nid par d'autres ouvrières, et ainsi de suite.

Lorsque, sur une route permanente, une ouvrière

rapporte un objet qui me paraît inutile, je m'en assure en lui prenant la chose et en la posant en travers sur la route. Une grande ouvrière (vieille?) qui survient, inspecte l'objet, le prend et le porte un peu hors de la route, puis l'abandonne. Cette grande ouvrière, seule en exploration, ne transporterait pas d'un lieu à un autre une chose reconnue sans valeur! Elle perçoit donc que l'objet est aussi « indésirable » ici que dans le nid. Elle se comporte comme si la route battue était le prolongement du nid, comme si elle en était un des couloirs. Nous avons en plus ici une observation directe d'une expérience acquise individuellement par la fourmi. L'apprentissage qui a cependant trait à l'unique et capitale activité au dehors, c'est-à-dire le transport de provendes, est des plus lents. Chez les *Messor*, tant qu'elle reste petite ou moyenne, la fourmi n'agit que par automatisme ancestral et par imitation aveugle, ainsi qu'une pince vivante dirigée dans un certain sens; elle saisit dès le contact d'objets similaires et au petit bonheur.

J'estime qu'un quart du travail de transport chez les espèces *Messor* s'applique à des objets inutiles, et je ne tiens pas compte du travail qu'il faut aux grandes ouvrières pour remédier aux erreurs régulières.

J'ai observé des faits du même genre chez *Pheidole pallidula*, mais en moins grand nombre. Je n'en ai point remarqué chez *Aphaen. testaceopilosa*. La fourmi supérieure *Myrmecocystus* m'a paru ne jamais rapporter des objets inutiles. Lorsque l'on voit une grande *Myrmecocystus* courir en brandissant une brindille, il faut savoir de quoi il s'agit. Ces fourmis ayant l'habitude de fermer l'orifice le soir au moyen de brindilles et de paille, on voit assez fréquemment une fourmi se tromper d'heure. Elle rapporte une brindille à 11 heures du matin par exemple, et la pose délicatement en travers sur l'orifice. Lorsqu'une grande ouvrière vient à sortir, elle paraît s'en irriter,



car elle saisit nerveusement l'objet malencontreux

et court le déposer à plusieurs mètres du gîte, alors que d'habitude elle ne déblaie les détritus qu'à 3 ou 4 décimètres du trou. Si l'on ne connaît pas ces faits, on croira à des « utilités » pour des poutraisons souterraines.

Je mentionne ici un fait, sûrement bien connu des myrmécologues qui élèvent des fourmis en chambre, mais qui est plein d'une saveur philosophique. Au nid de la fig. 81 les *Messor* (grandes ouvrières) ont emmagasiné des grains de blé pendant 8 jours. Le neuvième, et à ma grande surprise, quelques grains de blé sont sortis sur les déblais et s'accumulent en un petit tas le dixième jour, quoique d'autre part de nouveaux grains provenant de l'aire soient encore apportés au nid, mais en petite quantité, car la route est beaucoup moins fréquentée. Les grains sortis sont quelque peu grignotés, quelquefois d'un bon tiers au moins. Je suppose que ces grains sont peut-être défectueux, et je les donne aux fourmis de la même espèce, mais d'un autre nid. Ces dernières n'ont pas eu l'aubaine d'une aire à blé près de chez elles, et elles emmagasinent joyeusement mes graines grignotées après les avoir un peu tripotées et flairées! — Je croirais volontiers à un fait de gaspillage vers le neuvième jour; les fourmis ont fait bombance et ripaille pendant 8 jours; alors vient la satiété. Mais combien nous voilà loin de la fourmi classique : prévoyante, économique et sage!

§ 4. — L'illusion de l'entre-aide lors du transport d'un objet par plusieurs fourmis.

Lorsqu'on voit un objet mû par plusieurs fourmis agrippées autour, on se figure qu'elles s'entre-aident parce que deux hommes s'entre-aident intentionnellement pour traîner une malle, par exemple. Au début de mes études, j'avais aussi cette illusion,

mais depuis j'ai observé maintes fois qu'un objet poussé ou trainé par une seule fourmi, laquelle n'a du reste pas besoin d'aide, se transporte beaucoup plus mal et moins directement vers le gîte lorsqu'une congénère du même nid survient et entre en contact avec cet objet. J'ai fait à ce propos plusieurs séries d'observations avec les petites fourmis rousses (*Pheid. pall.*) et les grandes fourmis grises (*Aphaen. test.*) Il y a là un fait général élémentaire qui se représente sans cesse et qui explique facilement tout ce qui suit : Une de ces fourmis, lorsqu'elle arrive au contact d'une volumineuse provende, s'y agrippe et tend à placer l'axe de son corps dans la direction vers le gîte pour traîner à rebours, direction qu'elle possède, comme nous le savons, en un point quelconque de son voyage, sans avoir besoin de chercher. Elle tend à faire pivoter plus ou moins péniblement l'objet.

Fig. 82. O. — Dans un terrain de parcours de *Pheidole* où les insectes sont espacés et cherchent individuellement ça et là, mais en progressant comme toujours dans un même sens, je choisis une fourmi F, lorsqu'elle se trouve avoir le nid bien derrière elle. La grande flèche indique la direction vers le gîte. Ma fourmi n'a donc pas besoin de replacer l'axe de son corps lorsque je pose devant elle un morceau de fromage dur, sec, lisse et taillé en forme de mince navette plate (grandeur naturelle dans la fig. 82). Elle s'agrippe, renverse le mouvement de sa marche et traîne assez aisément l'objet (position 1). Deux congénères arrivent au contact sur la droite, elles s'agrippent et cherchent à se placer pour traîner à rebours dans la direction du gîte. L'objet s'arrête un instant, puis tourne. Dans les positions 5, 6 et 7, il se transporte très rapidement, mais dans la position 8, les deux fourmis gagnent et la première s'agrippe au sol. Dans 9 et 10, positions où je n'ai pas figuré les deux fourmis de droite,

trois nouvelles fourmis sont arrivées au contact par en bas, vers la pointe. **Elles n'è poussent pas**, mais tendent à faire tourner l'objet qui est alors entraîné vers la gauche. Dans la position 11, une nouvelle fourmi arrive fortuitement de gauche au contact de la pointe. L'objet continue à tourner et se redresse peu à peu. Dans position 15, les fourmis latérales restent disposées en rayons d'étoile, ainsi que dans la position 16, position en réalité plus lointaine que dans la figure, et où d'autres fourmis sont arrivées. Si ces fourmis s'aidaient, elles seraient alors disposées comme l'indique le schéma 16'. Dans la position 16 j'abaisse la lame de mon couteau de façon à faire lâcher prise à la fois aux quatre fourmis de droite. De suite l'objet tourne dans le sens de l'aiguille d'une montre, sous les efforts rotatoires des fourmis de gauche. Si je fais la même opération à gauche, l'objet tourne en sens inverse. Si je supprime les deux fourmis de pointe, le transport s'arrête net, mais il se fait deux fois plus vite lorsque je fais lâcher prise, par contre, à toutes les fourmis latérales. **L'action des deux fourmis de pointe est donc la seule utile, les autres fourmis sont en trop!**

Dans certains cas, l'illusion de l'entre-aide est très forte : Fig. 83. Un grand morceau plat de fromage est mû lentement vers le gîte après avoir été tiraillé de diverses façons. Ici un spectateur s'exclamera à propos du merveilleux esprit d'entre-aide : « Une escouade de 11 fourmis a trainé en marchant à reculons, pendant que 9 autres ont poussé ; des hommes n'auraient pas mieux fait ! » dira-t-il. Abaissons la lame du couteau sur les 11 fourmis qui tirent, et le transport s'arrête net. Supprimons les fourmis latérales, il se fera alors un peu plus vite, et si nous faisons lâcher prise à la fois aux 9 fourmis dont le spectateur croit qu'elles poussent, alors le transport se fait environ deux fois plus vite ! De même,

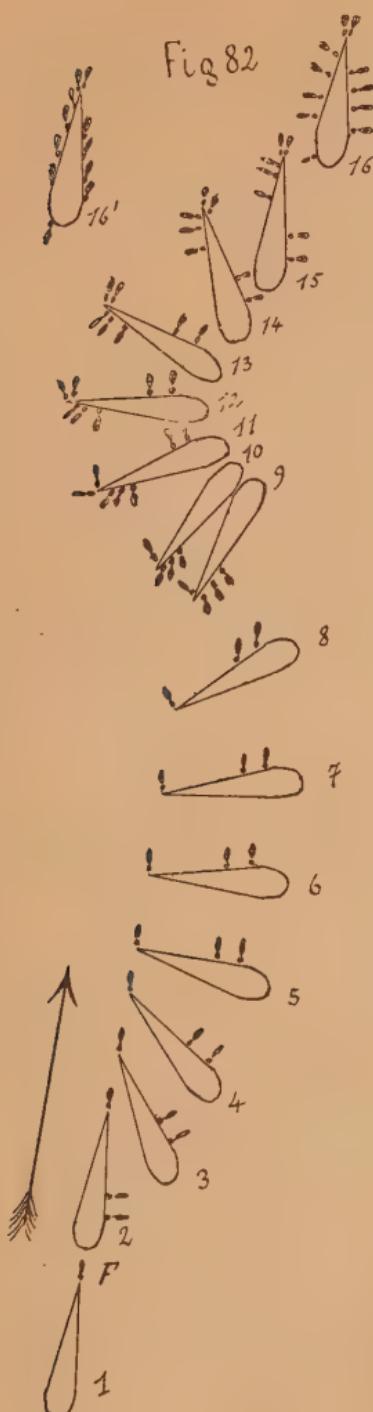


Fig 82

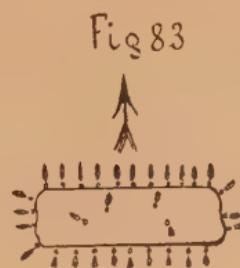
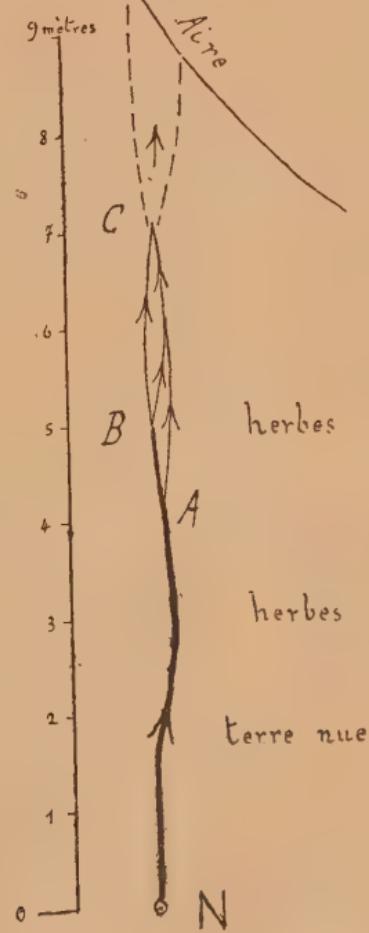


Fig 81



les fourmis grises disposées en rayons d'étoile autour

d'un cadavre sec de petite sauterelle, ont l'air de s'associer pour mouvoir l'objet sur le sommet des herbes tout en le soutenant. Elles sont 8, dont une agit dans la direction du gîte; supprimons celle-là, le transport s'arrête, puis l'objet tourne, mais si nous faisons lâcher prise aux 7 autres, on voit ce transport se faire plus aisément et plus rapidement.

En résumé, on voit qu'il n'y a aucune entre-aide, aucune action concertée dans les transports d'objets pour les fourmis de mes espèces. Chaque fourmi tend à agir pour son propre compte. Il n'y a pas ici de fait social. Comme le dit si bien Waxweiler à un autre propos : « Il n'y a que coïncidences d'activités purement individuelles. »

Nous apprenons en outre qu'il y a chez les fourmis une grande quantité d'efforts parfaitement superflus, car le plus souvent une seule fourmi suffit pour emmener un objet au nid, et cela à cause de sa force musculaire relativement énorme.

§ 5. — Expériences à propos des trajets collectifs.

Je ne puis consacrer ici que quelques lignes à ce sujet qui comporterait plusieurs pages et à propos duquel il y a encore beaucoup à faire.

Expérience de Forel. — Une fourmi prise sur un chemin de fourmis, puis replacée autre part sur ledit chemin, se replace sans hésitation et marche dans le sens qu'elle avait. Comment reconnaît-elle le sens à prendre? D'après Forel, c'est par des images olfactives du chemin parcouru. Pour Bethe, il y a une force inconnue entraînant les fourmis centrifugalement ou centripétalement par rapport au gîte. A mon avis, aucun de ces deux savants n'a tort. Il s'agit d'un phénomène complexe, et des déterminations diverses peuvent se surajouter. Pour les dissocier, il

y a toute une série d'expériences à faire, et à recommencer avec chaque espèce de fourmis.

On essaiera d'abord l'expérience de Piéron, que cet auteur n'avait pas pu réussir avec les trajets collectifs (1). Avec les *Messor barbarus*, espèce à sensibilisation lente, l'expérience est assez facile à réussir. Voici le résumé de mes quelques séries (2) On replace une grande ouvrière non pas sur le chemin, mais à bonne distance en dehors dudit chemin de fourmis. Elle tourne sur elle-même puis marche parallèlement au chemin ; prise sur ce dernier, cette fourmi était donc en un certain état de direction générale, indépendamment de toute odeur. Elle se comporte comme une exploratrice transportée. Nous connaissons maintenant quelque peu cette force, ou cause, qui détermine l'insecte à marcher parallèlement au chemin où on l'a pris. Le fait d'avoir maintenu, au sortir du nid, une attitude générale sur une certaine longueur du chemin de fourmis a suffi pour donner à cette grande ouvrière une donnée mnémonique de pure direction. Quant au sens, centrifugal ou centripétal, la règle est que ces fourmis, placées hors du chemin, se replacent comme si elles voulaient retourner au gîte, ce qui les fait marcher à faux comme dans la fig. 1, lorsqu'on les dépose au delà du nid. Ces grandes ouvrières, comme les exploratrices, savent que le nid est devant ou derrière elles, lorsqu'elles marchent sur le chemin de fourmis, de par le sens des attitudes au moyen duquel elles repèrent les positions de leur corps sur l'attitude première, celle du départ du gîte, attitude donnée par la direction du chemin sur lequel elles s'engagent. Le dépôt de l'insecte hors du chemin de fourmis montre que ce n'est pas parce que la fourmi laisse une piste

(1) Piéron, *op. cit.*, p. 174, ligne 23.

(2) V. Cornetz, *Trajets de fourmis*, fig. 1, 2 et 3. Inst. G. Psychol., 1910.

odorante derrière elle qu'elle sent que le nid est devant ou derrière (Forel). Mais beaucoup de petites ouvrières des *Messor*, posées hors du chemin, ne font qu'errer ; elles ne possèdent pas la direction. Ce ne sont donc que des imitatrices des grandes ; elles ne marchent qu'à l'odeur et il leur faut des images olfactives et tactiles pour reconnaître le sens à prendre, ce qu'elles ne peuvent faire que sur le chemin qu'elles ont parcouru ou d'après l'odeur fraîche de congénères.

Il suit de ce qui précède, que si l'on veut étudier chez la fourmi la curieuse faculté de reconnaître le sens à prendre sur une piste odorante, il ne faut pas expérimenter avec un insecte qui a déjà parcouru ladite piste. On capturera donc, au moyen d'un aliment ou d'une brindille, une fourmi au gîte même, par exemple une déblayeuse. Il y a grande chance que cette fourmi n'ait pas encore pris part au travail de transport que font quelques congénères sur une piste récente (fig. 77). Déposée sur cette piste, elle n'en possède ni l'orientation générale, ni souvenirs tactiles ou olfactifs. La possibilité de ces déterminations étant ainsi éliminée, on relèvera ce que fait l'insecte. Des séries d'observations faites avec *Messor mediorubra*, fourmi pas très odorante et sans vue distincte, m'ont donné le résultat suivant. La fourmi, posée sur la piste, en sort, y rentre, erre dans les deux sens et quelquefois se perd. Ce n'est que lorsqu'elle entre en contact avec des compagnies de congénères revenant au gîte qu'elle prend le sens vers ce dernier ; puis il arrive qu'elle perd ce contact et erre à nouveau. Finalement, elle revient d'ordinaire au trou par la piste, mais bien péniblement. On a vu à la fig. 77 que le résultat est tout autre avec *Pheidole pallidula*, fourmi probablement beaucoup plus odorante. La question de savoir comment cette fourmi reconnaît le sens à prendre, et cela sans contact de congénères, sans souvenirs de la

piste, sans possession de la direction générale de cette dernière, et là où des traces odorantes fraîches vont dans les deux sens, cette question, dis-je, n'est pas près d'être élucidée. Elle se pose aussi à propos de l'expérience des 3 planchettes de Bethe (voir Bethe, Forel et Wassmann).

En résumé, il est maintenant bien établi que certaines ouvrières marchant sur un chemin de fourmis sont déterminées, non pas seulement par le contact et l'odeur de la piste et des congénères, mais de par la possession de la pure direction générale du chemin (1).

Récemment Szymanski a fait de nombreuses et très intéressantes expériences de dissociations de stimulants de genres différents, pour divers animaux et pour l'homme. Cet auteur est arrivé, pour l'espèce *Formica rufa*, au même résultat que moi et par une autre voie (2). Il appelle « Richtungskraft » cette cause indépendante d'images tactiles ou olfactives du chemin de fourmis que j'ai dénommée « état de direction générale » et que je considère comme étant un stimulant vectoriel mnémonique qui prend naissance dans l'intérieur de la fourmi du fait du début en marche droite oscillante.

L'état de direction générale d'une fourmi en marche prédomine beaucoup sur les autres déterminations, mais on a vu plus haut qu'il peut être prédominé lui-même dans le cas où l'insecte a marché avec la vue d'un centre lumineux peu élevé (bougie de Lubbock, miroir de Santschi). Il est instructif de

(1) Les transports en dehors des colonnes d'émigration de fin de saison (*Tapinoma err. nig.*) ne donnent qu'une marche parallèle pour 14 à 15 insectes posés hors du chemin. Les émigrantes paraissent donc ne marcher qu'à l'odeur de quelques grandes ouvrières, qui donnent l'impression de chefs de compagnie.

(2) Szymanski, Versuche, *Pflügers Archiv für die ges. Physiologie*, 1911, puis le commentaire de V. Cornetz, *Über die Anwendung des Ausdruckes tropisch*, *Pflügers Archiv*, 1912.

prendre une exploratrice de *Messor mediorubra* à laquelle on a donné une graine dans l'Est du gîte, et de la poser sur un chemin de congénères se trouvant de l'autre côté du nid, et où les fourmis rapportent des graines, donc de l'Ouest vers l'Est. Cette fourmi transporte sa graine sur le chemin, mais en s'éloignant du gîte, et il est fort curieux de voir cet unique insecte chargé de provende marcher en sens inverse au milieu de toutes les autres porteuses de graines.

CONCLUSION

En écrivant ce petit livre je n'ai pas voulu faire seulement une œuvre de critique ; mais j'ai pensé que la relation succincte de ce que j'avais vu pourrait servir de programme ou de base à d'autres observateurs pour imaginer d'autres expériences.

Il sera toujours utile de faire des observations sur les facultés visuelles, tactiles, olfactives et auditives des fourmis, mais, au lieu de suppositions plus ou moins anthropomorphiques touchant l'emploi des susdites facultés, nous avons maintenant plusieurs faits généraux pour nous aider à comprendre les explorations et les voyages de ces insectes.

1^o La faculté de la possession approximative de la distance parcourue dans le sens de l'aller. Cette faculté, qui fait penser que la fourmi exploratrice totalise plus ou moins bien les quantités d'efforts moteurs faits, mais non ceux faits dans les espaces de recherches, est démontrée par l'expérience de Piéron (1904) ainsi que par mes relevés des retours en trajets coudés (fig. 47).

2^o Une règle de constance des voyages au loin, résultat principal de mes études (1909 à 1912). La

fourmi exploratrice, partie dans un certain sens de l'espace, conserve ce sens et replace constamment l'axe de son corps après ses recherches simples ou compliquées au cours de l'aller. Il s'agit peut-être là d'une manifestation du sens des attitudes successives rapportées les unes aux autres, car on voit la fourmi en d'autres occasions (disque de Lubbock), faire preuve de la possession d'un sens très fin de l'angulation, puis d'un sens des déviations lorsque l'insecte équilibre ses écarts en maintenant une direction sans l'aide de la vue d'un but.

3° Une faculté que l'on ne peut plus cataloguer sous l'étiquette de « sens des attitudes rapportées les unes aux autres. » Une fourmi peut conserver la direction de début d'un premier voyage après des jours et des semaines, ou revenir d'un lieu connu, qu'elle retrouve, vers le gîte, sans avoir besoin de rapporter cette direction à une attitude précédente. Nous connaissons les nombreuses manifestations de cette faculté, en particulier celles du § 9, mais nous ignorons tout de son fonctionnement interne.

Ma conclusion générale est donc que la fourmi peut conserver une direction de l'espace comme document purement interne et indépendamment du milieu extérieur. Je m'en tiendrai à cette conclusion tant que quelque chose de fixe dans le milieu extérieur, quelque chose jouant le rôle d'axe de référence des directions, n'aura pas été découvert. « Mais cela est inconcevable », me dira-t-on; car l'esprit humain ne peut concevoir une direction de l'espace que rapportée à quelque chose de fixe, par exemple à la ligne Nord-Sud, ou encore à l'attitude habituelle donnée par la sortie d'un couloir quasi-horizontal. Mais s'ensuit-il qu'une chose soit impossible parce qu'elle est inconcevable? « Il y a maintes choses entre le ciel et la terre auxquelles notre maître d'école ne rêve jamais », a dit un poète. L'esprit humain ne peut opérer que dans le relatif. Il traîne toujours après lui le qua-

druple boulet : espace, temps, causalité, rapport de sujet à objet. Autrement dit, il ne peut voir les choses qu'au travers d'une quadruplé lentille.

Le lecteur qui aura eu la patience de me suivre comprendra qu'il n'y a plus de problème du retour au nid pour la fourmi exploratrice de mes espèces, mais bien un problème de l'aller et du début de l'aller au loin. Si ce lecteur, amateur d'élegantes théories générales qui expliquent tout, théories qu'un rien peut détruire, plutôt que soucieux de comparer de nombreux faits, estime que je ne lui présente que bien peu de choses au point de vue théorique, je me permettrai de lui rappeler ce que dit Maeterlinck : « Il est bien rare qu'un mystère disparaisse ; d'ordinaire il ne fait que changer de place. Mais il est souvent très important et très désirable qu'on parvienne à le changer de place. »

Il ne me reste plus qu'à souhaiter que la lecture de ce petit livre provoque beaucoup de personnes à faire des observations et des expériences au cours de leurs vacances.

APPENDICE

A propos des transports de fourmis d'un milieu dans un autre.

L'expérience de transport faite à la façon de Piéron ou à la mienne a porté un coup sensible à la vieille opinion anthropomorphique et préconçue d'après laquelle l'orientation chez la fourmi serait basée sur une reconnaissance visuelle, tactile ou olfactive (topochimisme) à l'exclusion d'une sensibilité spéciale de direction. Une tentative pour sauver le vieux dogme commun aux myrmécologues et respecté du public jusque vers 1904, date de l'expérience de Piéron, a été faite par Santschi. Cet auteur a imaginé dans ce but une théorie des « zones lumineuses restantes. » (Santschi, *Comment s'orientent les Fourmis*; Revue Suisse de Zoologie, juin 1913, p. 385, l. 13.) La vieille opinion à défendre exige impérieusement qu'une fourmi transportée d'un milieu dans un autre, fourmique l'on voit reprendre sa direction ancienne après le dépôt à terre, qu'une telle fourmi, disje, reconnaîsse, retrouve quelque chose de visuellement ou olfactivement commun aux deux milieux. D'après Santschi, en transportant une fourmi d'un lieu à un autre, on n'aurait pas modifié toutes les zones lumineuses restantes, mais seulement les moins importantes. On n'aurait pas changé par exemple le côté le plus clair de l'horizon, et ce serait là le repère lointain restant le même. — Dans mon texte je n'ai pas cru devoir m'étendre sur ce sujet et j'ai toujours brièvement écrit : « transport à l'ombre, en

lumière diffuse. » J'ai supposé comme allant de soi, qu'on prend une fourmi là où l'éclairement a une direction constante, par exemple au soleil, pour la mettre là où la direction de l'éclairement varie. Ceci est très facile à réaliser, par exemple dans un jardin avec tonnelles, bosquets, grands arbres, etc... En dehors d'une longue tonnelle, on déterminera le côté le plus clair de l'horizon en plaçant une canne verticalement sur le sol. Si l'ombre de la canne porte au Nord-Ouest, c'est que le côté le plus clair est au Sud-Est. En entrant sous la tonnelle on voit l'ombre de la canne s'affaiblir rapidement, puis se confondre avec l'ombre même de cette tonnelle. Ici la canne, y compris les objets sur le sol, sont dans une lumière diffuse, également répartie. Un peu plus loin la canne porte à nouveau une ombre, mais vers l'Ouest; c'est qu'il y a une éclaircie dans l'Est. Encore quelques pas et l'on voit l'ombre de la canne verticale disparaître à nouveau, mais cette canne, si on la penche, porte une ombre faible. C'est qu'il y a là une éclaircie au-dessus de l'observateur, et le côté le plus clair du lieu est au zénith. Un peu plus loin encore, l'ombre de la canne réapparaît brusquement mais porte vers l'Est, etc... etc... Il est donc aisé de se convaincre, si on ne le sait pas par la physique élémentaire, que la variation de la direction de l'éclairement, direction qui peut être le plus souvent nulle en certains lieux (éclairement diffusé) est un phénomène courant dans la nature. La théorie des « zones restantes », théorie d'après laquelle la fourmi transportée autre part doit retrouver au nouveau lieu une direction principale de l'éclairement lui servant alors de repère, est donc basée sur une pure et simple affirmation, laquelle va à l'encontre de la réalité des faits. Du cas exceptionnel de l'insecte voyageant dans un milieu sans ombres, où la direction de l'éclairement reste constante, par exemple la marche au soleil, à l'aurore ou au crépuscule en terrain découvert, Santschi a conclu hâtivement à tous les cas dans la nature. Une telle théorie sans base expérimentale suffisante peut mener loin, comme on va le voir. J'ai appelé « conservation de l'orientation après un temps écoulé » le fait que les fourmis peuvent, l'après-midi, repartir vers un champ de provende visité le matin, alors qu'entre temps on a modifié de fond en comble le

terrain ainsi que le trou de sortie et son pourtour. Partant du rôle d'un repère lumineux lointain, Santschi traite avec aisance tous les cas de ce genre en quatre lignes : « C'est aussi à la persistance du repère lointain que les fourmis doivent de pouvoir retourner sur d'anciens champs d'exploration, malgré une longue absence durant laquelle les pluies, le vent et le reste ont profondément modifié le terrain. » (Santschi, *ibid.*, p. 371.) Cet auteur a négligé ici un détail, c'est que le soleil change de place dans le ciel et que par conséquent les fourmis prenant à nouveau leur départ vers le champ d'exploration ne peuvent se repérer sur la position de l'astre.

BIBLIOGRAPHIE

Pour toutes les questions d'orientation lointaine en général, il y a lieu de consulter la grande bibliographie de Claparède dans son beau et si utile travail sur *l'Orientation lointaine* (1903) en y ajoutant v. MADAY, *Das Orientirungsvermögen des Pferdes*, Zeitschr. für ang. Psychologie, Leipzig, 1911, vol. V, p. 54, et l'intéressante enquête de A. VAN GENNEP sur l'orientation chez l'homme dans *Religions, Mœurs et Légendes*, vol. III, p. 33 et suiv., Paris, 1911.

Pour les questions spéciales, on consultera :

BETHE, *Die Heimkehrfähigkeit der Ameisen und Bienen*, Biol. Zentralblatt, xxii, 1902, 193.

BOHN, *La Naissance de l'Intelligence*, Paris, Flammarion, 1909, p. 77, puis pp. 241 à 245.

BONNIER, G. *Les sensations des abeilles et des fourmis*, Revue hebdomadaire, n° 18, 1909, pp. 32 à 66. L'auteur ayant verni les yeux à des abeilles relate que, transportées au loin, ces insectes sont revenus à la ruche comme si de rien n'était. On se demande si l'aveuglement a été efficace et si le verni a tenu, car les expériences de Ferton et de Yung paraissent concluantes en ce qui touche le retour par la vue chez les hyménoptères ailés.

BOUVIER, *Les habitudes des Bembex*, Ann. psychol., VII, 1901, p. 55.

CLAPARÈDE, *La faculté d'orientation lointaine*. Archives de Psychologie, Genève, II, mars 1903.

FABRE, *Souvenirs entomologiques; les fourmis rousses*, II, p. 134.

FERTON, *Notes sur l'instinct des hyménoptères mellifères et ravisseurs*, Ann. Soc. Entomologique de France, LXXIV, 1905, p. 89 et LXXVII, 1908, p. 578.

FOREL (A.), *Expériences et remarques sur les sensations des insectes*. Riv. di scienze biologiche, vol. II et III, 1900-1901.

FOREL (A.), *Das Sinnesleben der Insekten*, Munich, 1910.

PIÉRON (H.), *Du rôle du sens musculaire dans l'orientation des fourmis*. Bull. Inst. Général Psych., Paris, mars-avril 1904, p. 168 à 185.

SANTSCHI. *Observations et remarques critiques sur le mécanisme de l'orientation chez les fourmis*, Revue suisse de zoologie, Genève, vol. XIX, août 1911, p. 303.

TURNER, *The homing of Ants*. Compte rendu très détaillé par G. Bohn et A. Drzewina, dans la Revue Annuelle des Travaux de Psychologie de l'Inst. G. Psychologique de Paris, 8^e année, 1908.

SZYMANSKI, *Versuche das Verhaeltniss zwischen modal-verschiedenen Reizen durch Zahlen auszudruecken*, Pflueger's Archiv fur die ges. Physiologie, 1911.

WASMANN, *Die psychischen Faeigkeiten der Ameisen*, Stuttgart, 2^e édition, 1909.

WASMANN, *Zum Orientirungsvermoegen der Ameisen*, Allg. Zeitschr. f. Entomologie, VI, 1901, pp. 39 à 42.

INDEX DES NOMS D'AUTEURS

- Bethe, pp. 23, 51, 53, 86,
87, 112, 178, 181.
- Bohn (G.), pp. vii, ix, xx,
60, 62, 132, 155.
- Bonnier (G.), p. 166.
- Bonnier (P.), pp. 59, 98, 118.
- Bouvier, pp. xvi, 46, 64.
- Claparède, pp. 46, 86, 104,
112, 118, 132.
- Darwin, pp. 46, 118.
- Ducellier, p. xii.
- Exner, p. 101.
- Fabre, pp. xviii, 35, 132,
142, 166, 185.
- Fauré-Fremiet, p. xx.
- Ferton, pp. xvi, 46, 64.
- Fielde, pp. xviii, xix.
- Forel (A.), pp. vi, vii, xvi,
xviii, 23, 45, 47, 51, 53,
58, 64, 65, 66, 134, 156,
157, 162, 178, 180, 181.
- Franken, p. 154.
- A. Van Gennep, pp. 101, 112.
- R. de Gourmont, pp. 141,
142.
- Guibert, p. 46.
- Hachet-Souplet, pp. 46, 118.
- Huber, pp. 157, 167.
- Jennings, p. xx.
- Lamarck, p. vii.
- Latreille, p. 65.
- Lubbock, pp. xvii, 25, 31,
- 32, 34, 35, 40, 42, 43, 57,
90, 91, 92, 95, 99, 101,
181, 183.
- v. Maday, p. 118.
- Maeterlinck, p. 184.
- Marey, p. xx.
- Maupas, pp. 53, 114, 155.
- Ménégaux, p. 156.
- Moquin-Tandon, p. xiv.
- Piéron, pp. ix, x, 27, 28, 29,
30, 31, 33, 34, 46, 51, 63,
90, 179, 182.
- Plateau, p. 58.
- Reynaud, p. 118.
- Sagnac, p. 107.
- Santschi, pp. xi, xvii, xix,
25, 78, 93, 94, 164, 181,
185, 186.
- Simon, p. xxi.
- Sterne, pp. 44, 110.
- Szymanski, pp. xxii, 181.
- Thauziès, p. 118.
- Turner, pp. x, 49, 59, 60,
62, 132, 133, 137.
- Vant Hoff, p. xii.
- Viehmeyer, pp. 34, 99.
- Viguier, pp. 44, 97.
- Wassmann, pp. xii, 34, 51,
55, 99, 104, 181.
- Waxweiler, p. 178.
- Wheeler, p. xix.
- Yung, pp. xiv, 46.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	v
INTRODUCTION	ix
§ 1. Historique et documentation	ix
§ 2. Emplacements et habitations	xi
§ 3. Sens : vue, odorat, tact et ouïe	xiii
§ 4. La marche de la fourmi	xx

CHAPITRE PREMIER

Les explorations de la fourmi allant seule au loin.

§ 1. Le problème du retour au nid de la fourmi tel qu'on doit le poser	23
§ 2. Le phénomène du remplacement de l'axe du corps chez la fourmi, découverte seule au loin, après qu'elle a été capturée puis déposée en un autre lieu	26
§ 3. Provenance de l'orientation, pure direction, que prend la fourmi une fois en possession d'une provende	44
§ 4. La conservation de l'orientation en cours d'exploration ainsi qu'après un long temps écoulé . .	47
§ 5. La recherche de l'orifice du gîte ou tournoiement de Turner	59
§ 6. Collections d'explorations simples	64

§ 7. Interprétations des collections d'explorations	85
§ 8. Explorations à deux et à plusieurs orientations générales.	116
§ 9. La connaissance du monde environnant chez une fourmi d'espèce supérieure (<i>Myrmecocystus</i>)	132
§ 10. Les trajets dans l'espace à trois dimensions	140

CHAPITRE II

Les trajets collectifs.

§ 1. Etablissement des trajets collectifs	156
§ 2. Les routes permanentes	167
§ 3. Les transports d'objets inutiles	171
§ 4. L'illusion de l'entr'aide dans les transports.	174
§ 5. Expériences à propos des trajets collectifs	178
CONCLUSION	182



